

- **ANALISA KEGAGALAN PROSES FACE MILLING CRANK CASE PADA ROTARY MILLING MACHINE** 1
Oleh *Hendri Van Hoten, Teknik Mesin, UNIB*
- **EXPERIMENTAL STUDIES SYSTEM OF REFRIGENERATION USING by 134a REFRIGERANT TYPE** 13
Oleh *Angky Puspawan, Teknik Mesin, UNIB*
- **STUDI PENGARUH FRAKSI VOLUME dan SUSUNAN SERAT TERHADAP SIFAT MEKANIS KOMPOSIT POLIMER BERPENGUAT SERAT PANDAN LAUT (PANDANUS TECTORIUS)** 23
Oleh *Hendri Hestiawan [1], Dwi Kurniawanto [2], Teknik Mesin, UNIB*
- **PENGARUH KERENGANGAN CELAH KATUP TERHADAP PERFORMA MOTOR BAKAR EMPAT LANGKAH** 31
Oleh *Agus Nuramal [1], Yovan Witanto [2], Teknik Mesin, UNIB*
- **PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI DAN PERINGATAN GEMPA BERPOTENSI TSUNAMI DENGAN TRANSMISI SINYAL AUDIO MELALUI MEDIA JALA-JALA LISTRIK** 37
Oleh *Irnanda Priyadi [1], Meiky Enda Wijaya [2], Teknik Mesin, UNIB*
- **EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JALAN DANAU KOTA BENGKULU** 53
Oleh *Samsul Bahri [1], Mawardi [2], Lestarida [3], Teknik Sipil, UNIB*
- **PENGARUH NILAI KEKASARAN PERMUKAAN AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON** 63
Oleh *Mawardi, Teknik Sipil, UNIB*
- **PERANCANGAN ALAT PEMBERIAN PAKAN AYAM KAMPUNG OTOMATIS BAGI PETERNAK BERSKALA KECIL** 73
Oleh *Faisal Hadi [1], Reza Satria Rinaldi [2], Afrit Mirianto [3], Teknik Sipil, UNIB*

Teknosia

ISSN : 1978 - 8819

VOL. 2 NO. 13, Tahun VII, September 2013

Jurnal Teknosia mempublikasikan karya tulis di bidang Sain – Teknologi, Murni Disiplin dan Antar Disiplin, berupa penelitian dasar, perancangan dan studi pengembangan teknologi.
Jurnal terbit berkala enam bulanan (Maret dan September).

Pelindung

Prof. Dr. Ir. Muhammad Syaiful, M.S

Penyunting Ahli (Mitra Bestari)

DR. Eddy Hermansyah, S.Si., M.Sc (UNIB)

Dr. Ir. Syafrin Tiaif, M.Sc (UNIB)

Dr. Ir. Febrin Anas Ismail, M.Eng (UNAND)

Prof. Mulyadi Bur, Dr-Ing. (UNAND)

Redaktur

Khairul Amri, ST., MT.

Redaktur Pelaksana

Hendri Hestiawan, ST.MT

Dewan Redaksi

Drs. Boko Susilo., M.Kom.
Muhammad Fauzi, ST., MT

Irnanda Priyadi, ST., MT.
Nurul Iman Supardi, ST., MP.

Penerbit

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS BENGKULU

Sekretariat Redaksi

Gedung Fakultas Teknik – Universitas Bengkulu, Jalan Raya Kandang Limun Bengkulu 38123
Telp. : (0736) 21170, 344067 Fax. : (0736) 22105 E-mail: teknosia@yahoo.com

ANALISA KEGAGALAN PROSES FACE MILLING CRANK CASE PADA ROTARY MILLING MACHINE

Hendri Van Hoten

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jln. W.R. Supratman Kandang Limun Bengkulu – 38371A

Telp./Fax.: 0736 21170/0736 22105

Email: hendri_m00@yahoo.com

ABSTRAK

Crank case as the foundation for almost all engine parts are mounted her machine. Such as transmission gear shaft, crank shaft, shaft coupling, bushing and various other components. All of components are related to each other, if components are not installed with precision, the machine rejected. Manufacturing of the crank case begins with the die casting process, face milling, drilling, boring, reaming, spot facing and tapping. The most important process is the face milling. Face milling is done on both sides of the crank case R & L, which will both be united. Therefore, it takes surface roughness 12.5 μm , flat and level, because if there are scratches on the crank case surface after combined oil seepage will occur. It is already a reject. It required an analysis of the failure of face milling process by considering several things, namely machining parameters are used, the condition of the cutting tool, the installation of the crank case on the jig and the coolant used. Analyzing the four factors above, it is hoped will be able to optimize the face milling process as well as reduced product reject.

Keywords : Crank case , die casting, face milling, machining parameters, reje product reject

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Untuk memproduksi sepeda motor harus melalui sistem produksi yang panjang dan dengan perencanaan yang matang. Mulai dari pembuatan part-part engine seperti *crank case*, *crank shaft*, *cylinder head*, *cylinder comp* dan komponen-komponen small part serta proses perakitan (*Assembling*).

Salah satu bagian dari *Engine* yang paling penting adalah *crank case*. *Crank case* merupakan pondasi mesin karena hampir semua *part* / komponen mesin lainnya dipasang di sana. Oleh sebab itu untuk pembuatan *crank case* harus memenuhi standar operasi yang sudah ditetapkan mulai dari *casting* (pengecoran) sampai ke proses *machining* (pemesinan). Proses *machining*

yang pertama kali dilakukan adalah *Face Milling* dengan menggunakan *Rotary Milling Machine*. Proses ini merupakan kunci dari proses selanjutnya. Oleh sebab itu, perlu untuk memaksimalkan hasil pada proses ini, namun kenyataan dilapangan meyebutkan lain. Pada proses *face milling* terjadi proses *reject* seperti:

- *Milling* kasar
- Proses miring

Jika *reject* ini tidak di atasi maka dapat menyebabkan gangguan pada kapasitas produksi dan pada akhirnya target produksi tidak tercapai. Hal inilah yang membuat penulis tertarik untuk menganalisa kegagalan proses pada *face milling* yang dilakukan pada salah satu perusahaan sepeda motor di Provinsi Jawa Barat.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisa kegagalan proses pada *face milling*.

1.3. Manfaat

Adapun manfaat yang didapat adalah :

1. Dapat meminimalisir kegagalan pada proses *face milling* sehingga kapasitas produksi dapat tercapai.
2. Dapat mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan pada *face milling*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pemesinan

Proses pemesinan adalah suatu proses untuk menghasilkan produk dengan menggunakan mesin perkakas dimana terjadi gerak relative antara pahat (tool) dengan benda kerja yang ditandai dengan adanya geram.⁽¹⁾

Gerak relatif pahat dan benda kerja ada 2 :⁽¹⁾

1. Gerak potong
Yaitu gerak untuk membuat permukaan baru. Gerak potong bisa dilakukan oleh pahat atau benda kerja tergantung pada jenis prosesnya.
2. gerak makan
Yaitu gerak untuk menyelesaikan permukaan yang dihasilkan oleh gerak potong. Gerak makan juga bisa dilakukan oleh pahat atau benda kerja tergantung pula pada prosesnya.

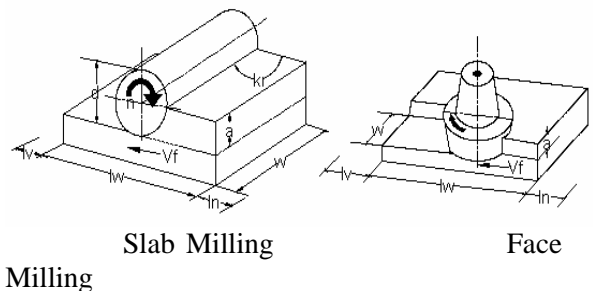
1. Proses Milling

Secara umum milling diartikan sebagai suatu proses pemesinan untuk menghasilkan permukaan yang halus dan rata, dimana pahat yang berotasi melakukan gerak potong dan benda kerja yang bergerak translasi melakukan gerak makan.⁽¹⁾

Secara umum proses milling terbagi 2 :⁽¹⁾

- a. Face milling (freis tegak)
Dicirikan dengan arah sumbu tool tegak lurus dengan benda kerja.
- b. Slab milling (freis datar)
Dicirikan dengan arah sumbu tool sejajar dengan benda kerja

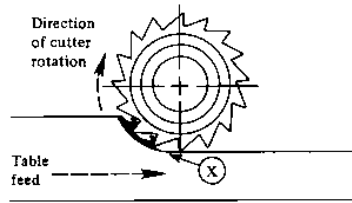
Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1. Slab & face milling.

Selanjutnya proses freis datar dibedakan atas 2 :⁽¹⁾

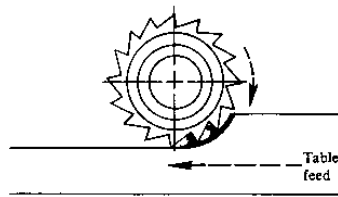
1. Up milling (freis naik)
Proses pemotongan pada up milling dimulai dari geram dengan ketebalan nol sampai dengan ukuran besar sehingga hasil permukaan yang didapatkan cenderung kasar dan dapat mempercepat keausan pahat.



Gambar 2.2. Up milling.

2. Down Milling

Proses pemotongan pada down milling dimulai dari geram yang tebal sampai dengan geram yang halus sehingga hasil permukaan yang didapatkan lebih halus.



Gambar 2.3. Down milling.

Beberapa hal penting dalam proses milling : ⁽¹⁾

Benda Kerja :

w = lebar pemotongan
lw = panjang pemotongan
a = kedalaman potong

Pahat milling :

d = diameter luar
z = jumlah gigi (mata potong)
kr = sudut potong utama

Mesin Milling

n = putaran poros utama
Vf = Kecepatan makan

Elemen dasar proses milling : ⁽¹⁾

1. Kecepatan potong

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; \text{m/min}$$

2. Gerak makan pergigi

$$f = \frac{V_f}{z \cdot n} ; \text{mm/gigi}$$

3. Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{V_f} ; \text{min}$$

dimana :

$$l_t = l_v + l_w + l_n ; \text{mm}$$

$$l_v \geq \sqrt{a(d-a)} ; \text{ untuk slab milling}$$

$$l_v \geq 0 ; \text{ untuk face milling}$$

$$l_n \geq 0 ; \text{ untuk slab milling}$$

$$l_n = \frac{d}{2} ; \text{ untuk face milling}$$

4. Kecepatan penghasilan geram

$$Z = \frac{V_f \cdot a \cdot w}{1000} ; \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

2.2 Cutting Tool

Pahat (*cutting tool*) merupakan alat yang digunakan untuk memotong benda kerja. Gerak makan dan gerak potong dari cutting tool dapat dilakukan dengan berbagai cara, sesuai dengan jenis mesin perkakas yang digunakan, maka bentuk pahat potong juga berbagai macam. ⁽²⁾

Pahat dibuat menurut disain tertentu yang menurut rencana pahat tersebut nantinya akan dipasang pada mesin perkakas dengan orientasi tertentu sedemikian rupa sehingga sumbu-sumbu referensi arah pemakanan berimpit dengan sumbu-sumbu referensi mesin perkakas. Dalam prakteknya operator dapat memasangnya menurut kehendaknya yang menyebabkan sumbu-sumbu referensi arah pemakanan tidak lagi berimpit dengan sumbu-sumbu referensi mesin. ⁽²⁾

Bagian-bagian dari pahat dapat dibagi atas: ⁽¹⁾

1. Badan (body)

Bagian pahat yang berbentuk menjadi mata potong atau tempat untuk sisipan pahat (carbida atau keramik).

2. Pemegang atau ganggang

Bagian pahat untuk dipasang pada mesin perkakas. Bila bagian ini tidak ada maka digantikan oleh mata potong.

3. Lubang pahat

Lubang pada pahat melalui mana pahat dipasang pada poros utama atau poros pemegang pada mesin perkakas.

4. Sumbu pahat

Garis maya yang digunakan untuk mendefinisikan geometri pahat. Umumnya merupakan garis tengah dari pemegang atau lubang pahat.

5. dasar (base)

bidang rata pada pemegang untuk meletakkan pahat sehingga mempermudah proses pembuatan, pengukuran ataupun pengasahan pahat.

Jenis-jenis dari material pahat: ⁽¹⁾

1. Baja karbon

baja karbon memiliki kandungan karbon yang relatif tinggi tanpa unsur lain ataupun dengan paduan. Strukturnya merupakan martensit sehingga hanya digunakan untuk logam yang lunak selain itu kecepatan potong yang dimiliki juga rendah.

2. HSS

Merupakan baja paduan tinggi dengan unsur paduan krom dan tungsten. Melalui proses pemanasan kemudian diikuti pengerolan ataupun penempaan menjadi batang ataupun silinder. Apabila telah aus HSS dapat diasah sehingga mata potongnya tajam kembali.

3. karbida

dibuat dengan cara menyinter serbuk karbida (nitrida, oksida) dengan bahan

pengikat yang umumnya dari kobalt. Dengan carburizing masing-masing bahan dasar tungsten, titanium, tantalum, dibuat jadi karbida yang kemudian digiling dan disaring. Salah satu atau campuran serbuk karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak dengan memakai bahan pelumas (lilin). Setelah itu dilakukan pensintering (1000°C) sehingga bentuk keping (sisipan) sebagai hasil proses cetak tekan.

4. keramik

keramik memiliki karakteristik yang lain dari metal dan polimer karena perbedaan ikatan atom-atomnya. Ikatannya dapat berupa ikatan kovalen, ionik, ataupun sekunder. Pada umumnya keramik memiliki ikatan kovalen dan ionik. Jika keramik dibuat secara berlapis maka antara lapisan tersebut terbentuk ikatan sekunder yang kekuatan ikatannya dipengaruhi oleh adanya molekul, gas, atau cairan lain diantaranya.

5. CBN

CBN termasuk jenis keramik. Cbn dapat digunakan untuk pemrosesan berbagai jenis baja dalam keadaan dikeraskan, besi tuang, hss, maupun karbida semen. Afinitas terhadap baja sangat kecil dan tahan terhadap temperatur pemotongan sampai 1300°C .

6. intan

merupakan hasil sintering serbuk intan tiruan dengan bahan pengikat Co. *hot hardness* sangat tinggi dan tahan terhadap deformasi plastik. Sifat ini ditentukan oleh

besar butiran intan serta persentase material pengikat.

2.3 Pengenalan Coolant

Untuk mengoptimalkan proses pemesinan yang terjadi biasanya disertai dengan coolant. Coolant atau fluida pendingin memiliki fungsi yang khusus dalam proses pemesinan diantaranya memperpanjang umur dari pahat, menurunkan gaya potong dan memperhalus permukaan dari produk yang dibuat. Selain itu cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/ pembawa geram (terutama dalam proses gerinda) dan melumasi elemen pembimbing mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Secara umum dapat dikatakan bahwa peranan utama cairan pendingin adalah mendinginkan dan melumasi.⁽¹⁾

Berikut pembagian Coolant :⁽¹⁾

1. Cairan seperti cairan sintetik, emulsi, cairan semi sintetik dan minyak
2. Gas, seperti Air Blow yang dikompresikan

Cairan sintetik⁽¹⁾

Cairan jernih atau diwarnai yang merupakan larutan murni atau larutan permukaan aktif. Pada larutan murni unsur yang dilarutkan tersebar diantara molekul air dan tegangan permukaannya hamper tidak berubah. Larutan murni tidak bersifat melumasi dan biasanya dipakai untuk penyerapan panas yang tinggi dan melindungi terhadap korosi.

Cairan emulsi⁽¹⁾

Air yang mengandung partikel minyak. Unsur pengemulsi ditambahkan dalam minyak yang kemudian dilarutkan dalam air.

Cairan semi sintetik⁽¹⁾

Merupakan perpaduan antara jenis 1 dan 2 diatas yang mempunyai karakteristik:

- kandungan minyak lebih sedikit
- kandungan pengemulsi lebih banyak dari tipe a
- partikel minyaknya lebih kecil dan lebih tersebar. Dapat berupa jenis dengan minyak yang sangat jenuh.

Minyak⁽¹⁾

Berasal dari salah satu atau kombinasi dari minyak bumi, minyak binatang, minyak ikan ataupun minyak binatang. Viskositasnya dapat bermacam-macam dari yang encer sampai yang kental tergantung dari pemakaiannya.

Meskipun cairan pendingin diatas tidak dipakai bukan berarti tidak ada yang menggantikan fungsinya. Dalam hal ini udara berfungsi sebagai cairan pendingin yaitu mendinginkan dan menurunkan gaya potong (walaupun relatif rendah). Untuk menaikkan cairan pendingin udara-tekan dapat disemprotkan pada daerah pemotongan. Selain pemilihan cairan pendingin yang tepat juga diperlukan cara yang benar dalam pemakaiannya. Banyak cara yang dipakai dalam penggunaan cairan pendingin tersebut. Diantaranya :⁽¹⁾

1. Manual

Bila mesin perkakas tidak dilengkapi dengan system cairan pendingin maka

cairan pendingin hanya terpakai secara terbatas. Biasanya operator memerciki atau menggunakan kuas dalam memakainya. Selama hal ini dilakukan secara teratur dan kecepatan potong tidak terlalu tinggi maka umur pahat potong dapat diperlama. Pada perusahaan-perusahaan besar penggunaan cairan pendingin secara manual ini tidak dipakai lagi.

2. Dikururkan/ dibanjirkan

Sistem pendingin yang terdiri atas pompa, saluran, nozel dan tangki, dimiliki oleh hampir semua mesin perkakas. Satu atau beberapa nozel dengan slang fleksibel diatur sehingga cairan pendingin pada bidang aktif pemotongan. Pada Perusahaan ini metode ini yang paling banyak digunakan.

3. Ditekan lewat saluran pada pahat

Cairan pendingin dialirkan dengan tekanan tinggi melalui saluran pada pahat. Spindle mesin perkakas dirancang khusus karena harus menyalurkan cairan pendingin kelubang pada pahat.

4. Dikabutkan

Cairan pendingin disemprotkan berupa kabut, dimana prinsip kerjanya bekerja seperti semprotan obat nyamuk. Cairan dalam tabung akan naik melalui pipa berdiameter kecil, karena daya vakum akibat aliran udara diujung atas pipa, dan menjadi kabut yang menyembrot keluar.

3. METODOLOGI

Adapun tahap-tahap yang dikerjakan dalam penelitian ini adalah:

1. Penentuan jenis proses yang akan dianalisa

Analisa dilakukan pada proses freis dengan Menganalisa Kegagalan Proses *Face Milling Crank case* Pada *Rotary Milling Machine*.

2. Pengumpulan data

Data yang diambil berdasarkan topik yang telah dipilih. Cara yang dilakukan dalam pengumpulan data ini:

- Interview
Adalah cara untuk mendapatkan informasi langsung dengan subjek yang bersangkutan (person). Interview yang dilakukan langsung kepada operator ataupun teknisi di *line produksi*.
- Pengambilan data secara manual
Pengambilan data langsung dilakukan oleh Penulis seperti pengambilan waktu produksi di tiap-tiap mesin.
- Data-data yang telah tersedia
Pengambilan data-data yang telah tersedia seperti standar operasi dan standar proses pada *Machining Crank case*.

3. Analisa data

Setelah semua data yang dirasa penting dikumpulkan, maka dilakukan analisa terhadap topik yang dipilih. Analisa yang dilakukan dipandang dari beberapa faktor dibawah :

- a. Analisa terhadap parameter pemesinan yang berlaku

- b. Analisa terhadap kondisi mata potong *cutting tool* yang digunakan
- c. Analisa terhadap kondisi pemasangan *crank case* pada jig dan clamp
- d. Analisa pemakaian *coolant*

4. Pengambilan kesimpulan dari topik yang dibahas

Penarikan kesimpulan dilakukan setelah dilakukan analisa data. Kesimpulan yang dibuat berisikan hal-hal yang menjadi solusi masalah ataupun informasi yang penting dari topik yang dibahas.

4. ANALISA & PEMBAHASAN

4.1 Data

Data proses Rotary Milling

Tipe mesin : Sakurai Rotary Milling
RMW 5H – 1500

Coolant : -

Cycle time : 50"/set

Man power : 1 atau 2

4.2 Contoh Perhitungan

4.2.1 Proses Roughing

n = 840 rpm
f = 0.5 mm/gigi
z = 20 (carbide insert)
d = 400 mm
a = 1 mm

Parameter pemesinan :

- Kecepatan potong (V_c)

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$V_c = \frac{3.14 \cdot 400 \cdot 840}{1000}$$

$$V_c = 1055 \text{ m/min}$$

- Kecepatan makan (V_f)

$$V_f = f \cdot n \cdot z$$

$$V_f = 0.5 \cdot 840 \cdot 20$$

$$V_f = 8400 \text{ mm/min}$$

$$V_f = 140 \text{ mm/sec}$$

- Waktu pemotongan (t_c)

$$t_c = \frac{L_t}{V_f}$$

Untuk mencari L_t :

$$d = 1200 \text{ mm}$$

$$L_t = \frac{1}{2} \text{ keliling lingkaran} \\ = \pi \cdot r$$

$$= 3.14 \cdot 600$$

$$L_t = 1884 \text{ mm}$$

$$t_{catt} ; L_t \text{ roughing} = L_t \text{ finishing}$$

$$t_c = \frac{1884}{140} = 13.4 \text{ min}$$

4.2.2. Proses Finishing

n = 1120 rpm

f = 0.5 mm/gigi

z = 20 (2 diamond, 18 carbida)

d = 400 mm

a = 0.05 mm

Parameter pemesinan :

- Kecepatan potong (V_c)

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$V_c = \frac{3.14 \cdot 400 \cdot 1120}{1000}$$

$$V_c = 1406 \text{ m/min}$$

- Kecepatan makan (V_f)

$$V_f = f \cdot n \cdot z$$

$$V_f = 0.5 \cdot 1120 \cdot 20$$

$$V_f = 11200 \text{ mm/min}$$

$$V_f = 186 \text{ mm/sec}$$

- Waktu pemotongan (t_c)

$$t_c = \frac{L_t}{V_f} = \frac{1884}{186} = 10.1 \text{ min}$$

Waktu pemotongan total ($t_c \text{ total}$)

$$T_c \text{ tot} = 13.4 + 10.1 = 23.5 \text{ sec (untuk 1 sisi)}$$

$$\text{Untuk kedua sisi} = 2 \times 23.5 = 47 \text{ sec}$$

$$\text{CT mesin} = t_c \text{ tot} + \text{Clamp time} + \text{loading time} \\ = 47 + 3 + 0$$

CT mesin = 50 sec/1 set

Keterangan:

n : putaran spindle (rpm)

f : Gerak makan (mm/gigi)

z : Jumlah gigi

d : Diameter cutting tool (mm)

a : Kedalaman potong (mm)

Vc : Kecepatan potong (m/min)

Vf : Kecepatan makan (mm/min)

4.3 Analisa

Face milling adalah proses yang pertama sekali dilakukan pada machining *crank case*. Proses ini dilakukan pada kedua permukaan *crank case* baik *crank case* R maupun *crank case* L.

Hasil permukaan yang diinginkan pada face milling adalah :

1. Permukaan yang datar
2. Permukaan yang halus ($Ra \approx 12.5 \mu m$)
3. Cycle time yang proporsional

Problem yang terjadi pada face milling adalah terjadinya kegagalan proses, yaitu permukaan yang dihasilkan kasar dan prosesnya miring. Jika hal ini terjadi maka proses selanjutnya tidak perlu dilakukan (Reject). Sebab, jika *crank case* dengan permukaan yang kasar itu tetap digunakan untuk Assy engine maka akan terdapat kebocoran pada kedua permukaan.

Untuk mengecek terjadinya kebocoran dilakukan dengan Leak Tester dengan cara memasukkan udara bertekanan ke ruang *crank case*, dimana seluruh lubang yang ada ditutup terlebih dahulu. Sedangkan pengukuran kekasaran dapat dilakukan dengan Surface Roughness Tester.

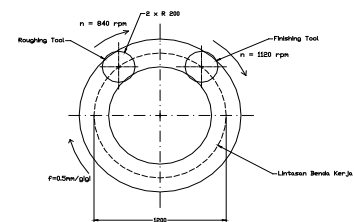
Untuk menganalisa kegagalan proses face milling, perlu mempertimbangkan beberapa hal berikut :

1. Parameter pemesinan yang berlaku
2. Kondisi mata potong cutting tool yang digunakan
3. Kondisi pemasangan *crank case* pada jig dan clamp
4. Coolant yang digunakan

Keempat faktor diatas sangat mempengaruhi terhadap kegagalan proses pada face milling. Berikut disebelah penjelasannya :

4.3.1 Analisa parameter pemesinan

Untuk menganalisa kegagalan proses *face milling* perlu diperhatikan parameter pemesinan yang ada. Proses ini menggunakan 2 buah *tool holder* (*roughing* dan *finishing*) yang terpasang pada 2 spindle dengan putaran yang berbeda. Sedangkan benda kerja melakukan gerak makan dengan $f = 0.5$ mm/gigi yang terpasang pada meja mesin dengan pergerakan melingkar (rotasi). Berikut ilustrasinya pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Rotary Milling

Idealnya untuk proses *roughing* dan *finishing* memiliki perbedaan dalam hal yaitu :

- a. Jenis cutting tool
- b. Putaran (n)
- c. Gerak makan (f)

d. Kedalaman potong (a)

Namun pada kenyataannya gerak makan untuk kedua proses sama yaitu 0.5 mm/gigi. Hal ini terjadi karena tidak mungkin harga f pada benda kerja berbeda sedangkan prosesnya sejalan dan pada meja yang sama.

Untuk parameter pemesinan yang ada (lihat bab 4.1. data) akan menghasilkan permukaan yang cukup halus, namun kenyataannya masih terjadi permukaan yang kasar.

Inti proses untuk menghasilkan permukaan yang halus adalah pada tahap finishing. Jadi yang bisa dilakukan untuk mengoptimalkan proses finishing adalah dengan mengurangi kedalaman potong dengan cara mengatur selisih ketinggian cutting tool roughing dan finishing sebesar 0.025 mm. Jadi angka tersebut langsung menjadi kedalaman potong untuk proses finishing. Hal ini dilakukan karena parameter yang lain tidak bisa di set.

Pernyataan ini diperkuat oleh teori bahwa dengan kedalaman potong (a) yang kecil pada pemotongan akan didapatkan hasil permukaan yang halus.

4.3.2 Analisa kondisi mata potong *cutting tool*

Kondisi mata potong dari *cutting tool* yang digunakan juga berpengaruh terhadap permukaan yang dihasilkan. Pada face milling ini menggunakan 2 buah tool holder, yaitu untuk roughing (20 buah carbide insert) dan untuk finishing (2 buah diamond & 18 buah carbide).

Cutting tool jenis carbide dan diamond memiliki kekerasan yang tinggi namun sangat getas. Bagaimanapun kerasnya cutting tool, mata potongnya pasti akan mengalami keausan.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya keausan :

- Bertambahnya waktu pemotongan
- Kondisi pemotongan yang dilakukan

Keausan cutting tool akan mengakibatkan :

- Kenaikan gaya pemotongan
- Timbulnya getaran yang tinggi antara cutting tool dengan benda kerja
- Dimensi produk yang dihasilkan tidak sesuai
- Penurunan kehalusan permukaan yang dihasilkan

Jadi dapat disimpulkan bahwa keausan cutting tool dapat mengakibatkan penurunan kehalusan permukaan. Hal ini dapat dibuktikan, cutting tool yang mengalami keausan pada mata potongnya akan mengalami deformasi / perubahan bentuk (dengan menggunakan mikroskop optik) dan kehalusan permukaan yang dihasilkan dapat diukur dengan Surface Roughness Tester.

Kegagalan proses pada face milling tidak terjadi terus menerus. Setiap tool holder memiliki 20 cutting tool, tentu setiap cutting tool memiliki keausan yang berbeda. Karena cutting tool yang paling sering

melakukan pemotongan pertama memiliki keausan yang tinggi.

Jadi untuk mengatasi hal ini, perlu dilakukan analisis terhadap tool life (umur pahat). Pada face milling yang dilakukan, cutting tool baru diganti jika prosesnya menghasilkan permukaan yang kasar (ekstrimnya dapat dilihat secara visual). Sebelumnya tidak ada analisis terhadap tool life, namun hal ini perlu untuk dilakukan.

Ada 2 metode untuk memprediksi *tool life* :

1. Metode umum

Dengan menggunakan laporan produksi harian yang mencantumkan kapasitas produksi, waktu kerja produktif serta penggantian cutting tool setiap 1 bulan.

Misal : Kapasitas produksi *crank case* 1 bulan = 140.000 set

Jumlah penggantian cutting tool = 3 kali

Jadi dapat diprediksi bahwa setelah produksi yang ke- 46.666 , cutting tool hendaknya diganti.

2. Metode khusus

Dengan melakukan analisis tool life secara teoritik. Dengan cara ini akan melibatkan banyak hal seperti :

- a. Jenis material cutting tool
- b. Kondisi pemotongan yang dilakukan (parameter pemesinan)
- c. Jenis material benda kerja
- d. Coolant yang digunakan, dll.

Semua parameter tersebut dimasukkan kedalam rumus yang terdapat pada referensi yang ada dengan menggunakan metode

tertentu. Kelebihan metode ini adalah hasil yang didapatkan akan lebih akurat, dan waktu penggantian cutting tool dapat diprediksi secara pasti.

4.3.3 Analisa pemasangan *crank case* pada jig dan clamp yang digunakan

Hal lain yang tak kalah pentingnya untuk keberhasilan proses face milling adalah pemasangan benda kerja pada jig dan clamp yang digunakan. Pada meja Rotary Milling Mahine terdapat 8 buah jig untuk 8 komponen atau untuk 4 pasang *crank case*. Jig yang digunakan yaitu jenis terbuka dan dibantu oleh beberapa buah clamp. Pergerakan clamp ini menggunakan sistem Pneumatik.

Kondisi pemasangan *crank case* pada jig, mengharuskan benda kerja tersebut tidak bisa bergerak ke kiri dan ke kanan serta clamp yang digunakan pada bagian atas permukaan berfungsi untuk menekan benda kerja sehingga akan terpasang tetap / diam.

Penggunaan jig dan clamp bertujuan untuk menjaga kualitas produk. Bayangkan saja seandainya tidak ada jig, maka pada setiap penggantian benda kerja harus men-setting sistem pemasangan benda kerja. Selain itu penggunaan jig ditujukan untuk produksi massal.

Desain jig yang baik pada Rotary Milling akan mempengaruhi terhadap kehalusan permukaan benda kerja yang dihasilkan dan juga pemasangan benda kerja pada jig oleh Operator. Pemasangan yang tidak tepat dapat menyebabkan proses milling miring (tidak datar).

Jadi untuk mengatasi hal ini, diperlukan kejelian Operator untuk meletakkan benda kerja ke jig. Operator harus memastikan *crank case* terpasang tepat pada dudukannya, setelah itu baru clamp diaktifkan. Kalau prosedur kerja tersebut sudah dilakukan, maka dapat dipastikan posisi pemotongan tegak lurus terhadap sumbu cutting tool sehingga dihasilkan permukaan yang datar dan halus.

4.3.4 Analisa pemakaian Coolant

Pada face milling yang dilakukan, termasuk kedalam jenis dry machining. Karena pada proses pemotongan tidak melibatkan coolant (fluida pendingin). Secara teoritik kondisi dry machining akan memberikan efek:

- temperatur pemotongan yang tinggi
- Meningkatnya laju keausan cutting tool
- Hasil permukaan kurang halus

Sedangkan kelebihanannya adalah tidak menimbulkan polusi lingkungan dan aman bagi Operator.

Oleh sebab itulah maka dilakukan analisa pemakaian coolant pada Rotary Milling Machine. Coolant yang cocok untuk cutting tool jenis carbida & diamond adalah Air Blow yang dikompresikan. Karena untuk jenis cutting tool seperti ini tidak memerlukan coolant dengan laju pendinginan yang cepat (seperti cairan).

Jadi fungsi coolant yang diterapkan pada Rotary Milling Machine ini adalah untuk mengalirkan geram. Sebab coolant disini berfungsi untuk membersihkan permukaan

mata potong cutting tool dengan permukaan benda kerja dari geram.

Geram yang menempel pada mata potong akan mengganggu proses pemotongan dan bisa menyebabkan goresan pada benda kerja walaupun sebagian besar geram akan terbang ke sisi luar benda kerja. Jadi pemakaian coolant diperlukan untuk mengoptimalkan kehalusan permukaan yang dihasilkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penganalisaan, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan antara lain :

1. *Crank case* merupakan pondasi mesin, dimana semua dimensi yang ada padanya harus dibuat dengan toleransi dan ketelitian yang tinggi.
2. Proses pembuatan *crank case* diawali dengan proses casting (pengecoran), machining (pemesinan), assy engine sampai ke assy unit.
3. Proses pertama untuk machining adalah proses rotary milling yang merupakan penentu dari proses machining *crank case* selanjutnya.
4. Jika ditinjau dari parameter pemesinan yang ada, untuk menghasilkan permukaan yang halus didapatkan dengan cara mengurangi kedalaman potong (a) pada proses finishing (asumsi : parameter yang lain tetap).
5. Menentukan tool life (umur pahat) pada suatu proses pemesinan sangat perlu dilakukan supaya hasil yang

didapatkan optimum sehingga dapat meminimalisir reject.

6. Desain jig dan clamp yang baik serta pemasangan *crank case* yang benar pada jig yang digunakan akan mempermudah proses pemesinan yang dilakukan, sebab kondisi pemotongan yang diinginkan (tegak lurus terhadap sumbu cutting tool) dapat terpenuhi.
7. Proses dry machining yang terjadi pada rotary milling akan lebih baik hasilnya jika ditambah coolant sejenis air blow. Selain memperpanjang tool life, coolant disini juga berguna untuk mengalirkan geram kesisi luar benda kerja secara sempurna, sehingga tidak ada yang mengganggu proses pemotongan yang berdampak pada hasil permukaan yang didapat kasar.

5.2. Saran

1. Bagi yang melakukan penelitian berikutnya seharusnya lebih aktif dalam segala hal, tidak hanya mencatat standar operasi yang telah ada melainkan harus melihat, mengerti dan memahami proses yang dilakukan di line produksi.
2. Karyawan bagian Engineering seharusnya lebih sering memantau ke line atau bagian produksi supaya terjadi koordinasi yang baik diantara keduanya.
3. Jika hal diatas telah dilakukan, semisal ada trouble di line maka proses solving / repair yang dilakukan dapat berjalan

cepat sehingga tidak mengganggu proses produksi.

4. Untuk mengefektifkan proses yang terjadi, terlebih dahulu sebaiknya dilakukan analisis teoritik mengenai tool life dari cutting tool yang digunakan, supaya dapat dilakukan antisipasi sebelumnya jika terjadi masalah pada cutting tool.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rochim, Taufik 1993. *Teori dan Proses Pemesinan*. Higher Education Development Support Project.
2. Krar, Steve F, dan S. William Oswald. 1990. *Technology of Machine tools* 4thed. Mc Graw Hill.

Experimental Studies System of Refrigeration Using by 134a Refrigerant Type

Angky Puspawan

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371A
angkypuspawan@yahoo.com

ABSTRACT

Developments in science and technology so rapidly, so many tools and technologies that industry can be created for human needs. Refrigerant is the basic ingredient used in refrigeration systems. Refrigerants containing CFC (Chloro Fluoro Carbon) and HCFC (Hydro Chloro Fluoro Carbon) in fact have a negative iMPact on the environment which could reduce the ozone layer can cause global warming. Due to the above then be made to regulations that prohibit the use of a compound containing CFC and HCFC. As an alternative substitute materials used R-134a refrigerant is environmentally friendly (without CFC).

Refrigeration is the process of taking heat from one object / part, which causes the temperature of the object/part becomes lower than the ambient temperature in which the object is located.

To find out COP at Refrigerant (Coefficient of Performance at Refrigeration) conducted several phases of pressure knowing that the calculation of (P) and temperature (T) so obtained enthalpy (h) any condition which is used to find heat at evaporator ($q_{\text{Evaporator}}$), work of compresor ($W_{\text{compresor}}$), heat at kondensor ($q_{\text{Condensor}}$). In the process of testing apparatus used in the refrigeration system has not changed.

From the test results, more time is needed then the COP at refrigerant price increases, which amounted to 4.355448 highest COP at refrigerant price at the time (minutes) 80 and 100 while the lowest price for 4.079035 COP at refrigerant at the time (minutes) 10.

Keywords : refrigeration, refrigerant, performance

1. PENDAHULUAN

Dengan semakin berkembangnya pengetahuan manusia di zaman ini, maka banyak alat-alat teknologi dan industri yang dapat diciptakan untuk kebutuhan manusia. Salah satunya adalah sistem refrigerasi dan pengkondisian udara. Bidang refrigerasi dan pengkondisian udara saling berkaitan satu sama lain, tetapi masing-masing mempunyai ruang lingkup yang berbeda. Dimana pengkondisian udara berfungsi sebagai penghangatan, pengaturan kelembaban dan kualitas udara, sedangkan refrigerasi meliputi pengawetan makanan, kimia dan proses industri. Sedangkan kesamaan antara keduanya adalah sebagai pendingin dan pengurangan kelembaban pada pengkondisian udara (Refrigerasi dan

Pengkondisian Udara ; Ir. Supratman Hara :1994).

Penerapan teknik refrigrasi yang terbanyak adalah refrigrasi industri, yang meliputi pemrosesan, pengawetan makanan, penyerapan kalor dari bahan. Alat ini terdiri dari kompresor, evaporator, kondensor dan katup ekspansi. Selain itu, alat ini juga membutuhkan fluida kerja yang disebut dengan refrigeran. Refrigeran adalah salah satu bahan yang sangat dibutuhkan untuk menghasilkan udara yang diinginkan.

Setelah diteliti, ternyata refrigeran yang pertama kali digunakan merupakan refrigeran yang tidak ramah lingkungan, dapat merusak lapisan ozon (O_3) karena mengandung *Cloro-Fluoro-Carbon (CFC)*. Oleh karena itu, dengan

semakin majunya teknologi, para peneliti telah menemukan jenis refrigeran yang ramah lingkungan dan tidak merusak lapisan ozon, tidak mengandung *Cloro-Fluoro-Carbon (Non-CFC)* yang memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan refrigeran sebelumnya. Hal inilah yang menjadi acuan untuk menggunakan refrigeran jenis *R-134a* pada penelitian ini karena mengandung *Non-CFC* dan banyak dijual dipasaran. Refrigeran ini dapat dibedakan berdasarkan zat kimia yang terkandung di dalamnya.

Oleh karena itu melihat dari sisi peranan refrigeran *Non-CFC*, refrigeran yang ramah lingkungan, yaitu refrigeran *R-134a* sangat vital dan menentukan kinerja sistem refrigerasi dalam proses pengawetan makanan, kimia dan proses industri dalam rangka proses pendinginan, yang sangat dibutuhkan oleh kehidupan manusia dan masyarakat luas pada umumnya.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Refrigerasi

Refrigerasi adalah proses pengambilan kalor dari suatu obyek/bagian, yang menyebabkan suhu obyek/bagian tersebut menjadi lebih rendah dari suhu lingkungan dimana obyek tersebut berada. Refrigerasi juga mencakup pula proses untuk mempertahankan tingkat suhu obyek yang didinginkan itu agar tetap lebih rendah dari lingkungannya.

Sistem refrigerasi merupakan sistem yang digunakan sebagai media untuk

memindahkan kalor, yaitu dengan cara menarik kalor dari obyek yang didinginkan, menyalurkan kalor itu, dan kemudian melepaskan ke lingkungan alami, yang suhunya lebih tinggi dari obyek atau benda dari mana kalor tersebut berasal.

Refrigeran adalah suatu senyawa kimia berbentuk zat alir, yang memiliki sifat-sifat termal antara lain: mudah berubah bentuk atau fasa akibat perubahan besaran-besaran fisiknya (suhu dan tekanan). Proses perubahan fasa tersebut melibatkan penyerapan ataupun pelepasan kalor dalam jumlah yang cukup besar. Refrigeran berfungsi sebagai media penukar kalor pada sistem refrigerasi.

Metode pendinginan (refrigerasi) ini akan berhasil dengan menggunakan bantuan zat pendingin (refrigeran). Refrigeran akan bertindak sebagai media penyerap dan pemindah panas dengan cara merubah fasa dari cair menjadi uap dan sebaliknya apabila kondisi tekanan dan temperaturnya diubah.

Dengan semakin majunya teknologi, para peneliti telah menemukan jenis refrigeran yang ramah lingkungan dan tidak merusak lapisan ozon karena tidak mengandung *Cloro-Fluoro-Carbon (Non-CFC)* yang memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan refrigeran sebelumnya.

2.2 Bahan Pendingin (refrigeran)

2.2.1 Bahan Pendingin Mengandung Cloro-Fluoro-Carbon (CFC)

Saat ini, penggunaan bahan pendingin mengandung *CFC* pada lemari es mulai berkurang di pasaran. Bahan pendingin mengandung *CFC* ditenggarai dapat merusak lapisan ozon (O_3) dan tidak ramah lingkungan. Contoh bahan pendingin yang mengandung *CFC* dan banyak digunakan dalam sistem pendingin lemari es adalah refrigeran jenis R-11 dan R-12. Spesifikasi kimia dan fisika R-11 dan R-12 sebagai berikut:

a. Refrigeran jenis (R-11) *Trichloro-Fluoro-Metana* (Cl_3FC) mempunyai spesifikasi kimia dan fisika sebagai berikut:

1. Tidak berwarna.
2. Berbentuk gas cairan yang tidak dapat menyala atau terbakar pada suhu kamar ($27^\circ C$).
3. Bahan ini hanya dapat ditemukan pada kondisi tertentu, yaitu pada konsentrasi ambang sekitar 5 ppm.
4. Berat molekul 1,494 gram/ml (diukur pada suhu $17,2^\circ C$).
5. Titik didih $23,8^\circ C$ dan titik lebur $-111^\circ C$.
6. Dapat larut di air (0,11 gr/100 gr pada suhu $20^\circ C$), alkohol, eter, dan bahan pelarut organik lainnya.

7. $1 \text{ ppm} = 5,61 \text{ miligram/m}^3$ (pada suhu $25^\circ C$ dan tekanan 1 atm).

b. Refrigeran jenis (R-12) *Dichloro-Difluoro-Metana* (Cl_2F_2C) mempunyai spesifikasi kimia dan fisika sebagai berikut:

1. Tidak berwarna dan tidak berbau.
2. Berbentuk gas cairan yang tidak dapat menyala atau terbakar pada suhu kamar ($27^\circ C$).
3. Berat molekul 1,1834 gram/ml (diukur pada suhu $57^\circ C$).
4. Titik didih $-29,8^\circ C$.
5. Titik lebur $-158^\circ C$.

2.2.2 Bahan Pendingin Non-CFC

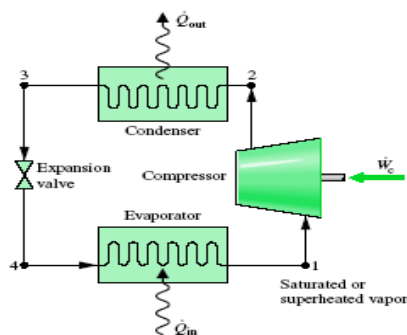
Setelah diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pemanasan global (*global warming*) akibat penggunaan refrigeran ber-*CFC*, para peneliti mengembangkan alternatif bahan pendingin yang ramah lingkungan. Untuk itu, penggunaan R-11 dan R-12 digantikan dengan penggunaan R-134a merupakan salah satu jenis bahan pendingin yang tidak mengandung *cloro-fluoro-carbon* (*Non-CFC*). Yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. Tidak berwarna dan memiliki bau seperti eter.
- b. Berbentuk gas cairan yang tidak dapat menyala pada suhu kamar ($27^\circ C$).
- c. Tidak merusak lapisan ozon (O_3).

- d. Titik didih $-26,1^{\circ}\text{C}$.
- e. Suhu kritis $101,1^{\circ}\text{C}$.
- f. Tekanan kritis $4,06\text{ MPa}$

2.3 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Sistem kompresi uap adalah dasar sistem refrigerasi dengan komponen kompresor, kondensor, alat ekspansi (*throttling device*) dan evaporator, gambar 2.1 dibawah ini.



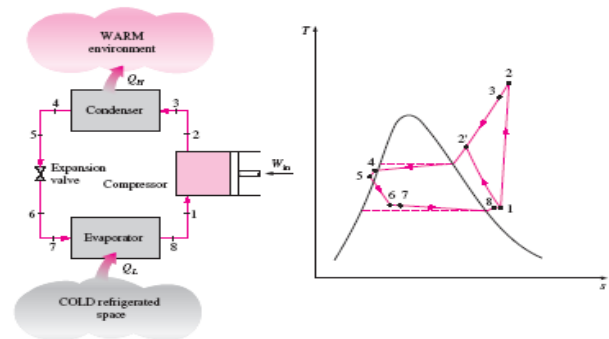
Gambar 2.1 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Siklus refrigeran sistem kompresi uap yang sederhana (standar) adalah merupakan siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut:

- Proses 1-2 : proses *adiabatik* dan *reversible*, dari uap jenuh menuju ke tekanan kondensor.
- Proses 2-3 : pelepasan kalor *reversible* pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan refrigeran

- Proses 3-4 : proses ekspansi *non-reversible* pada entalpi konstan, dari fase cairan jenuh menuju tekanan evaporator
- Proses 4-1 : proses penambahan kalor *reversible* pada tekanan konstan yang menyebabkan terjadinya penguapan menuju uap jenuh.

2.6 Siklus Termodinamika



Gambar 2.6 Siklus Termodinamika Sistem Pendingin Kompresi Uap

a. Proses kompresi (1-2)

Proses ini berlangsung di kompresor secara *isentropik adiabatik*. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk di kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah dikompresi refrigeran menjadi uap bertekanan tinggi. Oleh karena proses ini dianggap *isentropik*, maka temperatur ke luar kompresor pun meningkat.

Kerja kompresi (kJ/kg) merupakan perubahan entalpi pada proses 1-2 atau $h_2 - h_1$. sehingga kerja kompresi ($W_{\text{kompresor}}$) sama dengan:

$$W_{\text{kompresor}} = h_2 - h_1 \text{ (kJ/kg) ... (2.1)}$$

$W_{\text{kompresor}}$ = besarnya kerja kompresi yang dilakukan oleh kompresor (kJ/kg)

h_1 = entalpi refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)

b. Proses Kondensasi (2 - 3)

Proses ini berlangsung di kondensor. Refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi keluaran dari kompresor melepaskan kalor sehingga fasanya berubah menjadi cair. Hal ini berarti bahwa di kondensor terjadi penukaran kalor antara refrigeran dengan udara, sehingga panas berpindah dari refrigeran ke udara pendingin dan akhirnya refrigeran mengembun menjadi cair.

Besar panas refrigeran yang dilepaskan di kondensor dinyatakan sebagai :

$$q_{\text{Kondensor}} = h_2 - h_3 \text{ (kJ/kg)...(2.2)}$$

$q_{\text{Kondensor}}$ = besarnya panas yang dilepas di kondensor (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = entalpi refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

c. Proses Ekspansi (3 - 4)

Proses ini berlangsung secara *isoentalti*, hal ini berarti tidak terjadi penambahan entalpi tetapi terjadi penurunan tekanan (*pressure drop*) dan penurunan temperatur. Proses penurunan tekanan terjadi pada katup ekspansi yang berbentuk pipa kapiler atau *orifice* yang berfungsi mengatur laju aliran refrigeran dan menurunkan tekanan.

$$h_3 = h_4 \text{ (kJ/k).....(2.3)}$$

h_3 = entalpi refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

h_4 = entalpi refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

d. Proses Evaporasi (4 - 1)

Proses ini berlangsung di evaporator secara *isobar* dan *isothermal*. Refrigeran dalam wujud cair bertekanan rendah menyerap kalor dari lingkungan/media yang didinginkan sehingga wujudnya berubah menjadi gas bertekanan rendah. Kondisi refrigeran saat masuk evaporator sebenarnya adalah campuran cair dan gas.

Besarnya kalor yang diserap oleh evaporator adalah :

$$q_{\text{Evaporator}} = h_1 - h_4 \text{ (kJ/kg)..(2.4)}$$

$q_{\text{Evaporator}}$ = besar kalor diserap evaporator (kJ/kg)

h_1 = harga entalpi luar evaporator (kJ/kg)

h_4 = harga entalpi masuk evaporator (kJ/kg)

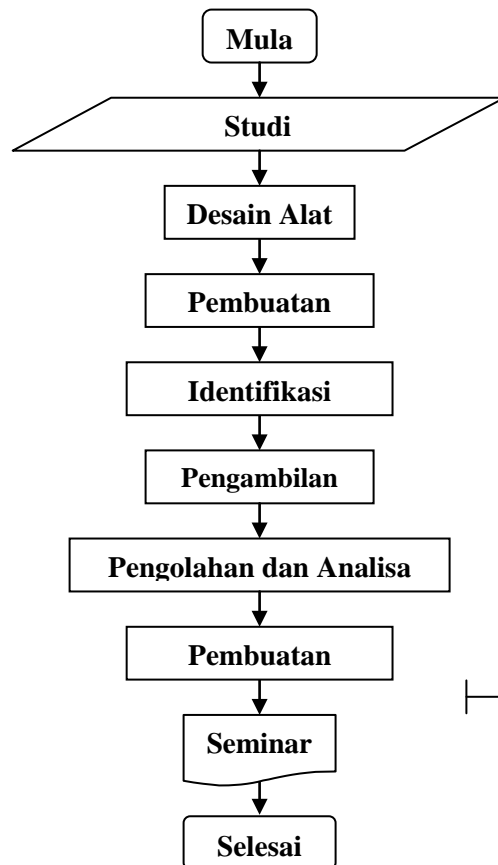
Koefisien prestasi dari sistem refrigerasi adalah perbandingan besarnya gas yang diserap dari ruang pendingin (efek refrigerasi) dengan besarnya kerja yang dilakukan oleh kompresor. Koefisien kerja refrigerasi (COP_R) dirumuskan sebagai berikut:

$$COP_R = \frac{q_{\text{evaporator}}}{W_{\text{kompresor}}} \dots\dots(2.5)$$

$$COP_R = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots(2.6)$$

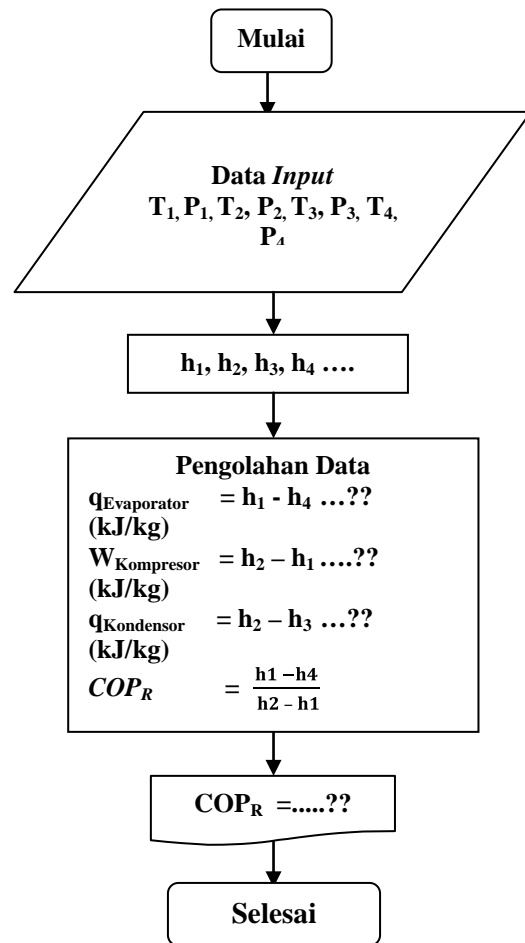
3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

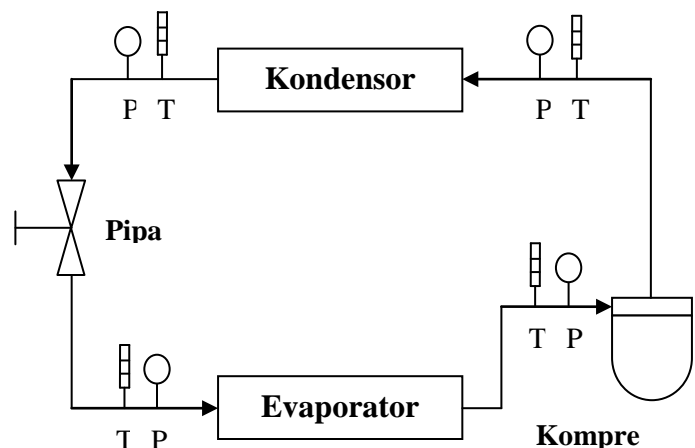


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Diagram Alir Perhitungan



3.3 Skema Titik Pengukuran Alat Uji Refrigerasi



Gambar 3.3 Ilustrasi Instalasi Pengujian Sistem Refrigerasi

3.4 Prosedur Pengujian

Beberapa langkah kerja/prosedur untuk mendapatkan data parameter sistem refrigerasi :

- Menghidupkan kompresor pada posisi *on*
- Menunggu hingga kondisi konstan (*steady*)
- Mencatat parameter sistem refrigerasi.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Dari data hasil pengujian yang dilaksanakan di *Workshop* Teknik Mesin Universitas Bengkulu, diperoleh data hasil pengujian seperti tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4.1 Data hasil pengujian

No	Kondisi								
	Kompresor		Kondensor		Katup Ekspansi		Evaporator		T _{Eva} p
	P ₂ (MPa)	T ₂ (°C)	P ₃ (MPa)	T ₃ (°C)	P ₄ (MPa)	T ₄ (°C)	P ₁ (MPa)	T ₁ (°C)	(°C)
1	1,501	59	1,401	35	0,176	-8,5	0,181	-8	4,5
2	1,551	60	1,501	35	0,176	-8	0,181	-7,5	3,5
3	1,526	59	1,401	35	0,176	-8	0,181	-7,5	2,5
4	1,541	60	1,401	35	0,176	-8	0,181	-7,5	1,5
5	1,541	60	1,401	35	0,176	-7,5	0,181	-7	1
6	1,511	60	1,401	35	0,176	-7,5	0,181	-7	0
7	1,511	60	1,401	35	0,176	-7,5	0,181	-7	0
8	1,541	59,25	1,401	35	0,176	-7	0,181	-6,5	-1
9	1,526	60	1,401	35	0,176	-7	0,181	-6,5	-1,5
10	1,541	59,2	1,401	35	0,176	-7	0,181	-6,5	-2

4.2 Perhitungan Data Hasil Pengujian

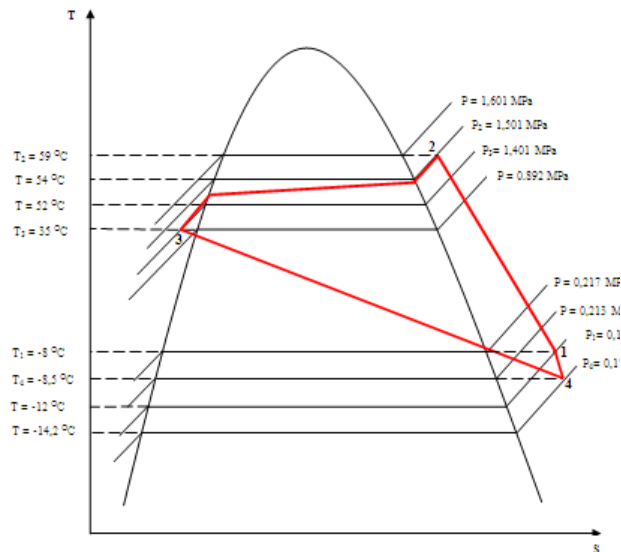
Contoh data perhitungan yang dipakai pada perhitungan di bawah ini diambil dari pengujian pertama dengan data seperti pada tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.2 Contoh Data Perhitungan

Pengujian pertama	
Tekanan (P) (MPa)	Temperatur (T) (°C)

P ₁ = 0,181	T ₁ = -8
P ₂ = 1,501	T ₂ = 59
P ₃ = 1,401	T ₃ = 35
P ₄ = 0,176	T ₄ = -8,5

Dari data hasil pengujian alat uji sistem refrigerasi pada data pertama dapat digambarkan pada diagram T-s di bawah ini.



Gambar 4.2 Diagram T-s Data Hasil Pengujian

4.2.1 Menentukan Harga Entalpi (h)

Untuk menentukan harga entalpi (h), dapat dilihat pada tabel *properti* (sifat-sifat) R-134a. Dari tabel tersebut (yang terdapat pada lampiran), maka didapatkan nilai entalpi pada setiap *state*.

State 1: $P_1 = 0,181 \text{ MPa}$ } $h_1 = 243,753$
kJ/kg Tabel R-134a A-13 (*Interpolasi*)
 $T_1 = -8^\circ \text{C}$ (*superheated*
refrigerant) hal. 22

State 2: $P_2 = 1,501 \text{ MPa}$ } $h_2 = 279,294$
kJ/kg Tabel R-134a A-13 (*Interpolasi*)
 $T_2 = 59^\circ \text{C}$ (*superheated*
refrigerant) hal. 23

State 3: $P_3 = 1,401 \text{ MPa}$ } $h_3 = h_f @ 35^\circ \text{C}$
= 98,78 kJ/kg Tabel R-134a A-11
 $T_3 = 35^\circ \text{C}$ *Interpolasi*
(saturated refrigerant) hal. 20

State 4: $h_4 \cong h_3$ (*throttling*) } $h_4 = h_3 = 98,78$
kJ/kg Tabel R-134a A-11

4.2.2 Menentukan Harga Panas yang diserap Evaporator.

Untuk menentukan harga panas yang diserap oleh evaporator ($q_{\text{Evaporator}}$) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$q_{\text{evaporator}} = (h_1 - h_4)$$

$$q_{\text{evaporator}} = (243,753 - 98,78) \text{ kJ / kg}$$

$$q_{\text{evaporator}} = 144,97 \text{ kJ / kg}$$

4.2.3 Menentukan Kerja Kompresor

Untuk menentukan kerja kompresor ($W_{\text{Kompresor}}$) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$W_{\text{kompresor}} = (h_2 - h_1)$$

$$W_{\text{kompresor}} = (279,294 - 243,753) \text{ kJ / kg}$$

$$W_{\text{kompresor}} = 35,541 \text{ kJ / kg}$$

4.2.4 Menentukan Panas yang Dilepaskan Kondensor

Untuk menentukan panas yang dilepaskan kondensor ($q_{\text{Kondensor}}$) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$q_{\text{condensor}} = (h_2 - h_3)$$

$$q_{\text{condensor}} = (279,294 - 98,78) \text{ kJ / kg}$$

$$q_{\text{condensor}} = 180,514 \text{ kJ / kg}$$

4.2.5 Menentukan Nilai Coefficient Of Performance Refrigeration (COP_R)

Untuk menentukan nilai *Coefficient Of Performance Refrigeration* (COP_R) dapat dihitung dengan persamaan 2.6 sebagai berikut :

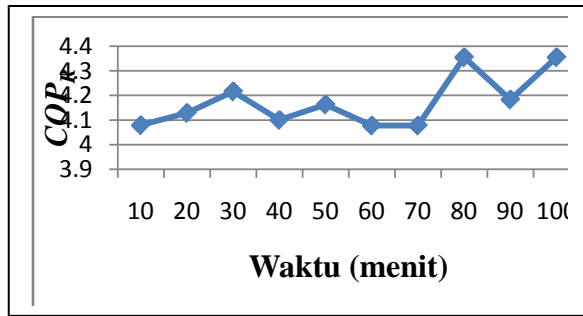
$$COP_R = \frac{q_{\text{evaporator}}}{w_{\text{kompresor}}}$$

$$COP_R = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

$$COP_R = \frac{144,97 \text{ kJ / kg}}{35,541 \text{ kJ / kg}}$$

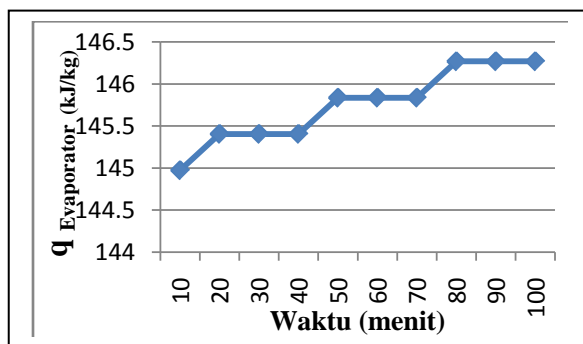
$$COP_R = 4,079035$$

4.3 Pembahasan



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Waktu (menit) terhadap COP_R

Gambar 4.4 grafik perbandingan antara Waktu (menit) terhadap COP_R , dimana pada grafik terlihat semakin lama waktu yang dibutuhkan maka nilai COP_R semakin meningkat tetapi tidak terlalu signifikan. Dimana pada grafik terlihat bahwa hubungan tersebut *fluktuatif* terhadap waktu (menit). Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu maka efek refrigeran ($q_{\text{Evaporator}}$) akan semakin tinggi yang menyebabkan terjadinya bunga es di dalam evaporator. Pada grafik dapat kita lihat nilai COP_R tertinggi terdapat pada menit ke 100 dengan nilainya sebesar 4,355448 dan terendah sebesar 4,077618 pada waktu 50 dan 60 menit.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Waktu (menit) terhadap $q_{\text{Evaporator}}$

Pada gambar 4.5 grafik hubungan Waktu (menit) terhadap $q_{\text{Evaporator}}$ dengan, dimana dapat kita amati bahwa semakin lama waktu maka harga $q_{\text{Evaporator}}$ akan meningkat tetapi peningkatan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Hal ini terjadi karena waktu yang lama tersebut telah menimbulkan perubahan suhu di dalam evaporator. Di dalam evaporator telah timbul bunga es yang lama-kelamaan akan menjadi batu es. Oleh karena itulah $q_{\text{Evaporator}}$ semakin meningkat. Pada grafik dapat kita lihat nilai $q_{\text{Evaporator}}$ tertinggi terdapat pada menit ke 80-100 dengan nilainya sebesar 146,27 kJ/kg dan terendah sebesar 144.97 kJ/kg pada waktu 10 menit.

Gambar 4.6 Grafik Hubungan Waktu (menit) terhadap $W_{\text{Kompresor}}$

Pada gambar 4.6 grafik hubungan Waktu (menit) terhadap $W_{\text{Kompresor}}$, dimana semakin lama waktu maka kerja kompresor ($W_{\text{Kompresor}}$) akan semakin ringan. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu maka suhu di dalam evaporator semakin kecil juga sehingga beban pendinginan di dalam evaporator semakin kecil. Pada grafik dapat kita lihat nilai $W_{\text{Kompresor}}$ tertinggi terdapat pada menit ke 60-70 dengan nilainya sebesar 35,765 kJ/kg dan terendah sebesar 33,583 KJ/kg pada waktu 80-100 menit walaupun perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan atau terlalu jauh.

5 KESIMPULAN

Dari analisa data perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin lama waktu pengujian maka harga COP_R semakin meningkat, dimana harga COP_R terendah terdapat pada waktu 10 menit sebesar 4,079035 dan harga COP_R tertinggi terdapat pada waktu 80 dan 100 menit sebesar 4,355448
2. Semakin lama waktu pengujian maka harga $q_{\text{Evaporator}}$ semakin meningkat, dimana harga $q_{\text{Evaporator}}$ terendah terdapat pada waktu 10 menit sebesar 144,97 kJ/kg dan harga $q_{\text{Evaporator}}$ tertinggi terdapat pada waktu 80-100 menit sebesar 146,27 kJ/kg
3. Semakin lama waktu pengujian maka harga $W_{\text{Kompresor}}$ semakin menurun, dimana harga $W_{\text{Kompresor}}$ terendah terdapat pada waktu 80 dan 100 menit sebesar 33,583 kJ/kg dan harga $W_{\text{Kompresor}}$ tertinggi terdapat pada waktu 60-700 menit sebesar 35,765 kJ/kg
4. Semakin besar $q_{\text{Evaporator}}$ dan $W_{\text{Kompresor}}$ semakin kecil maka harga COP_R yang terjadi akan semakin besar.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel, yunus A and Michael A.Boles, “Thermodynamics An Engineering Approach”, Mc.Graw-Hill, New York, 1989.
- [2] Hanafi, Nuri, “Mencari dan Memperbaiki Kerusakan Lemari Es”, Edisi Ketiga, Kawan Pustaka, Jakarta, 2007.
- [3] Moran, Michael J. dan Shapiro., Howard N, “Fundamentals Of Engineering Thermodynamics”, Edisi Kelima, Ingggris, 2006.
- [4] Puspawan, Angky, “Kaji Eksperimental Perbandingan Performance Ac Window dengan Menggunakan Refrigeran R-22 dan Hidrokarbon Artek Ar-22 Terhadap Pengaruh Variasi Massa Refrigeran”, Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang, 2003.
- [5] Stoecker, Wilbert F. dan Jerold W., Jones, “Refrigerasi dan Pengkondisian Udara”, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1987.

Studi Pengaruh Fraksi Volume dan Susunan Serat terhadap Sifat Mekanis Komposit Polimer Berpenguat Serat Pandan Laut (*Pandanus Tectorius*)

Hendri Hestiawan⁽¹⁾, Dwi Kurniawanto⁽²⁾

⁽¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

⁽²⁾Alumni Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, Telp. (0736) 344087

e-mail : hestiawan1@yahoo.com

Abstrak

Pemanfaatan serat alam sebagai bahan penguat komposit polimer terus mengalami perkembangan dalam rangka untuk mencari bahan alternatif pengganti logam. Serat pandan laut yang sudah dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan dan tersedia dalam jumlah yang banyak diharapkan dapat menjadi bahan penguat material komposit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi volume dan susunan serat terhadap kekuatan tarik dan *bending* pada material komposit polimer berpenguat serat pandan laut (*Pandanus Tectorius*). Spesimen terdiri dari serat pandan laut dan resin *epoxy* sebagai pengikatnya yang diberi *hardener* berupa katalis jenis *Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKPO)*. Cetakan spesimen menggunakan metode *hand lay-up*. Bentuk spesimen komposit berdasarkan standar *ASTM D3039M* untuk uji tarik dan *ASTM D790-02* untuk uji bending. Fraksi volume serat bahan komposit pada penelitian ini adalah 10%, 20%, 30%, dan 40% dengan susunan serat lurus, silang dan acak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan tarik tertinggi pada penelitian ini diperoleh pada spesimen dengan fraksi volume 40% dan susunan serat lurus sebesar 36.66 MPa. Tegangan bending tertinggi diperoleh pada spesimen dengan fraksi volume 40% dan susunan serat silang sebesar 131.86 MPa. Hasil pengamatan foto makro pada patahan spesimen uji tarik dan bending terlihat bahwa permukaan patahan relatif rata dan mengkilap yang merupakan jenis patahan getas. Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin besar fraksi volume serat maka kekuatan mekanis dari komposit polimer berpenguat serat pandan laut akan meningkat.

Kata kunci : serat pandan laut, resin epoxy, komposit polimer, pandanus tectoriu, fraksi volume

Pendahuluan

Penggunaan material logam untuk kebutuhan industri dan rumah tangga yang terbuat dari bahan logam mengakibatkan ketersediaan sumber alam logam semakin menipis. Para peneliti terus berupaya untuk mendapatkan solusi terbaik dalam menemukan bahan alternatif pengganti logam.

Sebagai bahan pengganti logam, material tersebut harus memiliki beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh bahan logam, antara lain sifat mekanik yang baik, tahan korosi, bahan baku mudah didapat dari alam dan memiliki sifat ramah lingkungan (Brouwer, 2000).

Komposit memiliki sifat-sifat unggul seperti ringan, kuat, tahan terhadap korosi dan bahan bakunya tersedia dalam jumlah banyak. Serat yang digunakan pada material komposit terbagi menjadi dua, yaitu serat alam dan serat

sintetik. Serat sintetik dibuat di industri dengan dimensi tertentu dan homogen seperti serat gelas, karbon, dan kevlar. Sedangkan serat alam merupakan serat yang dihasilkan dari hewan, tumbuhan dan proses geologis (Kaw, 1997).

Serat sintetik memiliki kekuatan yang tinggi hingga mencapai 1.800 MPa, namun serat sintetik bersifat kurang ramah lingkungan (Shackelford, 1997). Akibatnya penggunaan serat alam sebagai pengganti serat sintetik mulai berkembang di dunia industri untuk mengurangi jumlah limbah serat sintetik.

Pemanfaatan serat alam semakin berkembang, antara lain karena adanya regulasi tentang persyaratan bahan habis pakai (*end of life*) produk komponen otomotif di beberapa Negara Eropa dan Asia. Sejak tahun 2006 negara-negara Uni Eropa telah mendaur ulang

80% komponen otomotif sedangkan di Jepang sudah mencapai 88% sejak tahun 2005 (Holbery and Houston, 2006). Oleh karena itu, penggunaan serat alam menjadi alternative pemilihan bahan dan semakin diminati dunia automotif.

Pertimbangan pemilihan serat untuk komposit sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya adalah nilai kekuatan dan kekakuan komposit yang diinginkan, perpanjangan ketika patah, stabilitas termal, ikatan antara serat dan matrik, perilaku dinamik, perilaku jangka panjang, massa jenis, harga, biaya proses, ketersediaan, dan kemudahan daur ulang (Riedel, 1999).

Pandan laut (*Pandanus Tectorius*) merupakan salah satu bahan alami yang sudah dipergunakan secara luas sebagai bahan baku kerajinan tangan, seperti tas, tikar, sandal, dan tali-temali. Untuk memperluas pemanfaatan serat pandan laut maka penulis mencoba menggunakan serat pandan laut sebagai bahan pengisi komposit resin epoksi.

Dasar Teori

Komposit merupakan penggabungan dari dua material atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisik untuk memperoleh sifat-sifat baru yang tidak dimiliki oleh material pembentuknya (Kaw, 1997). Dalam penggabungan antara serat dan resin, serat akan berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*) yang biasanya mempunyai kekuatan dan kekakuan tinggi, sedangkan resin berfungsi sebagai perekat atau matrik untuk menjaga posisi serat, mentransmisikan gaya geser dan juga berfungsi sebagai pelapis serat. Semakin kecil ukuran serat, maka akan memberikan perekatan dan kekuatan

yang semakin baik, karena rasio antara permukaan dan volume serat semakin besar (Riedel, 1999).

Penggunaan pandan laut sebagai bahan penguat komposit karena pandan laut sudah dikenal sebagai tanaman dengan kekuatan serat yang cukup baik. Pandan laut mampu beradaptasi dengan baik di daerah pesisir dengan cahaya matahari penuh. Pohonnya besar dan dapat mencapai 15 meter. Pada ketinggian empat meter, batangnya tumbuh tunggal, setelah itu tumbuh cabang-cabang. Tumbuhan pandan laut adalah salah satu sumbu alam yang masih sangat kurang pemanfaatannya dalam dunia keteknikan, maka diperlukan adanya proses teknologi untuk lebih menambah manfaat dari tumbuhan pandan laut tersebut (Steven, 2012).

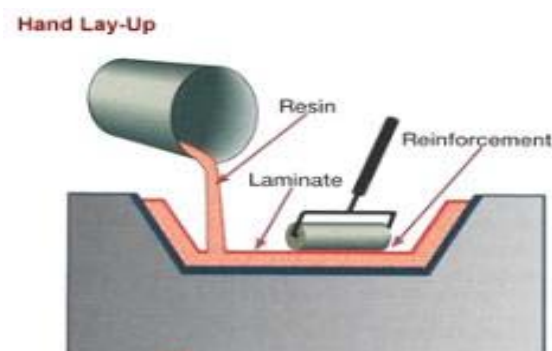
Resin epoksi termasuk dalam kelompok polimer termoset yang mempunyai viskositas yang rendah, sehingga dapat dengan mudah membasahi serat. Beberapa hasil *lay-up* komposit serat alam menunjukkan bahwa penggunaan termoset memberikan kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih baik. Kelemahan termoset adalah tidak dapat didaur ulang, tingkat kelembaban dari serat alam dan terjebakny udara dalam proses pencetakan komposit (Brouwer, 2000). Resin *epoxy* mudah diperoleh dan digunakan masyarakat umum maupun industri skala kecil maupun besar sebagai bahan baku berbagai macam kerajinan tangan, seperti gantungan kunci, asbak rokok, tempat korek api, dan nomor rumah.

Penelitian yang pernah dilakukan menggunakan serat alam sebagai bahan penguat pada material komposit, antara lain serat lantung (Hestiawan dan Sohirun, 2012), serat aren

(Hestiawan dan Benykha, 2013), dan serat rami (Irawan, dkk., 2012). Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa kekuatan mekanis komposit serat alam masih di bawah kekuatan mekanis material logam.

Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serat pandan laut, resin epoxy dan katalis jenis *Methyl Ethyl Ketone Peroxide* (MEKPO). Pembuatan spesimen dengan metode *hand lay-up* seperti ditunjukkan Gambar 1. Fraksi volume dan susunan serat pada penelitian ini adalah 10%, 20%, 30%, dan 40% dengan susunan serat acak, lurus dan silang. Uji tarik menggacu pada standar *ASTM D3039M* sedangkan uji *bending* menggacu pada standar *ASTM D790-2* (Annual Book of ASTM Standards, 1990).



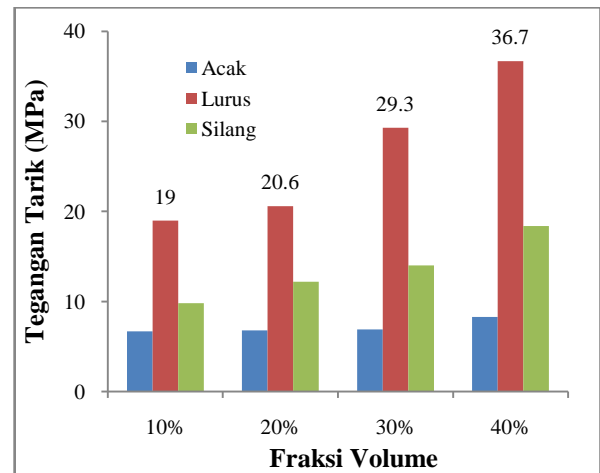
Gambar 1. Metode *hand lay-up*
(Wright dan Helsel, 1996)

Hasil dan Pembahasan

A. Uji Tarik

Hasil uji tarik pada spesimen non-serat diperoleh tegangan tarik sebesar 2,6 MPa,

sedangkan untuk hasil uji tarik menggunakan serat dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Histogram tegangan tarik

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa penambahan serat meningkatkan tegangan tarik spesimen. Semakin besar fraksi volume serat maka nilai tegangan tarik cenderung semakin meningkat. Tegangan tarik tertinggi terjadi pada susunan serat lurus. Hal ini disebabkan oleh karena arah serat searah dengan gaya tarik sehingga spesimen memiliki gaya aksi reaksi yang lebih besar dibandingkan dengan arah serat lainnya. Nilai tegangan tarik tertinggi terjadi pada spesimen dengan fraksi volume serat 40% dan susunan serat lurus sebesar 36.66 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 93% dibandingkan spesimen tanpa serat.

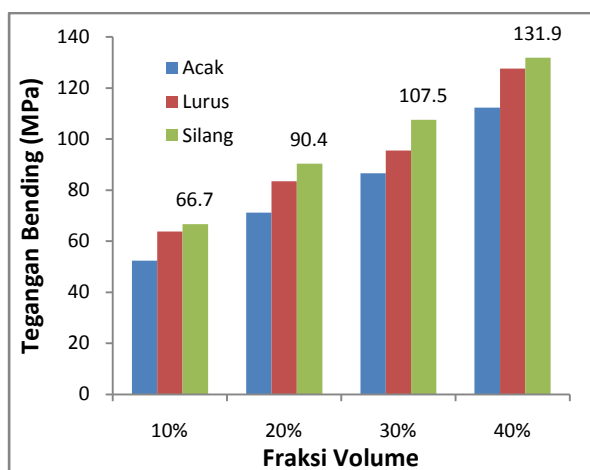
Hal ini disebabkan karena kemampuan berikatan yang baik antara *matriks* dan serat pada arah gaya tarik searah dengan susunan serat lurus. Sehingga bisa dikatakan susunan serat berpengaruh terhadap kekuatan tarik bahan komposit serat pandan laut bermatriks resin epoxy.

Regangan yang terjadi pada uji tarik penelitian ini memperlihatkan bahwa nilai regangan yang sangat kecil, yaitu di bawah 1%

sehingga dapat diabaikan. Hal ini menandakan bahwa material komposit mempunyai sifat getas.

B. Uji Bending

Hasil uji *bending* pada spesimen non-serat diperoleh tegangan bending sebesar 33 MPa, sedangkan untuk hasil uji bending menggunakan serat ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Histogram tegangan bending

Dari Gambar 3 terlihat bahwa penambahan serat meningkatkan tegangan bending spesimen. Semakin besar fraksi volume serat, maka nilai tegangan *bending* juga akan semakin besar. Tegangan bending tertinggi terjadi pada susunan serat silang. Hal ini disebabkan oleh karena arah serat saling menahan gaya geser yang bekerja pada permukaan spesimen, sehingga spesimen memiliki gaya aksi reaksi yang lebih besar dibandingkan dengan arah serat lainnya. Tegangan bending tertinggi terjadi pada spesimen dengan fraksi volume serat 40% dan susunan serat silang sebesar 131,86 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 75% dibandingkan spesimen tanpa serat.

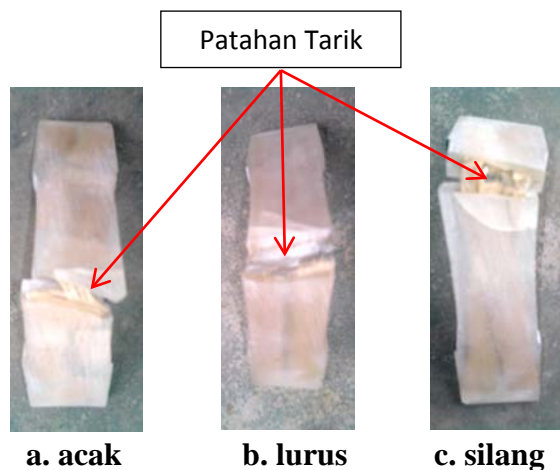
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa spesimen dengan susunan serat silang memiliki nilai tegangan dan momen *bending* tertinggi, hal ini disebabkan karena kemampuan berikatan yang baik antara *matriks* dan serat. Sedangkan susunan serat acak memiliki nilai tegangan dan momen *bending* terendah dibandingkan dengan susunan serat lurus dan silang. Hal ini terjadi karena susunan serat acak memiliki kemampuan berikatan antara *matriks* dan serat yang lemah. Maka dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan fraksi volume dan susunan serat akan mempengaruhi kenaikan nilai tegangan dan momen *bending* pada spesimen komposit berpenguat serat pandan laut.

Semakin tinggi fraksi volume serat maka akan meningkatkan nilai tegangan dan momen *bending* suatu spesimen. Nilai tegangan dan momen *bending* terendah terjadi pada spesimen non serat. Hal ini disebabkan karena spesimen *non* serat tidak memiliki serat yang berfungsi sebagai penguat pada spesimen tersebut (Sanadi *et al.*,1995).

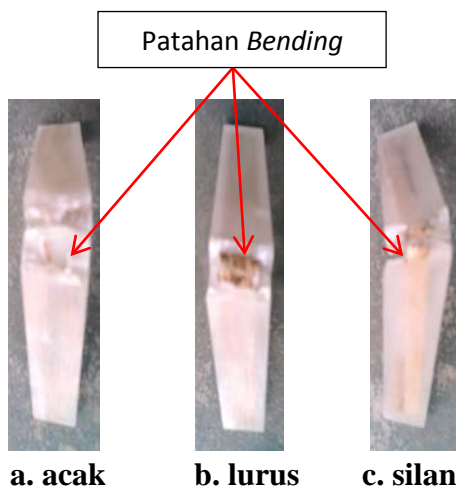
C. Foto Makro

Foto makro patahan pada pengujian tarik dan *bending* ditampilkan pada Gambar 5 dan 6. Dari hasil foto makro spesimen uji tarik pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa jenis patahan yang terjadi pada spesimen uji tarik adalah patahan getas (rapuh), dimana permukaan patahan spesimen serat pandan laut relatif rata dan mengkilap. Patahan spesimen uji tarik terjadi ketika spesimen diberi gaya tarik yang mengakibatkan spesimen terputus (patah). Hal ini juga disebabkan oleh ikatan antara *matriks* dengan serat kurang merata dan adanya *void* di sekitar serat dan karena sedikit sekali regangan

yang terjadi pada spesimen, sehingga spesimen menjadi putus.



Gambar 5. Patahan pengujian tarik



Gambar 6. Patahan pengujian bending

Hasil foto makro spesimen uji *bending* pada Gambar 6 memperlihatkan patahan yang terjadi pada spesimen uji *bending* termasuk patah getas (rapuh) karena permukaan patahan spesimen mengkilap dan relatif rata. Hal ini dikarenakan spesimen mengalami pembebanan yang lebih besar dari arah tegak lurus terhadap spesimen, sehingga pada bagian atas spesimen tidak mampu menahan pembebanan yang diberikan pada spesimen. Sedangkan bagian bawah spesimen mengalami gaya tarik yang mengakibatkan spesimen menjadi putus.

Dari hasil Laboratorium MIPA Kimia Universitas Bengkulu serat pandan laut memiliki nilai kadar air sebesar 0.98%. Nilai ini termasuk dalam kategori rendah pada pemanfaatan serat sebagai pengisi bahan komposit dan telah sesuai dengan standar kadar air yang dianjurkan. Serat yang masih mengandung air dapat berpengaruh terhadap reaksi kimia dan dapat menimbulkan adanya gelembung udara (*void*) pada saat proses pengerjaan spesimen yang bisa menurunkan kekuatan material komposit itu sendiri. Untuk mencegahnya, biasanya serat dikeringkan terlebih dahulu sehingga kadar airnya mencapai sekitar 2-3% (Brouwer, 2000). Oleh karena itu kadar air dari serat pandan laut pada penelitian ini tidak akan berpengaruh pada kekuatan dan menimbulkan terjadinya gelembung udara (*void*) pada saat pembuatan spesimen.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan pada penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Tegangan tarik tertinggi pada penelitian ini diperoleh pada spesimen dengan fraksi volume serat 40% dan susunan serat lurus yaitu 36.66 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume dengan susunan serat lurus pandan laut akan menghasilkan nilai tegangan tarik yang semakin besar.
2. Dengan peningkatan fraksi volume dengan susunan serat silang pandan laut akan meningkatkan nilai tegangan dan momen *bending* yang semakin besar. Tegangan dan momen *bending* terbesar terjadi pada

spesimen dengan fraksi volume serat 40% dan susunan serat silang sebesar 131.86 MPa dan 12.02 N.

3. Hasil foto makro pada spesimen uji tarik dan *bending* dapat dilihat bahwa patahan yang terjadi merupakan jenis patahan getas (rapuh), karena permukaan patahan relatif rata dan mengkilap.

Daftar Pustaka

- Annual Book of ASTM Standards, 1990, “*Standard Test Method for Tensile Strength and Young’s Modulus Single-Filament Materials*”, ASTM Standards and Literature References for Composite Materials, 2nd ed., 34-37, American Society for Testing and Material, Philadelphia, PA.
- Brouwer, W. D. 2000. Natural fibre composites in structural components, alternative for sisal, On the Occasion of the Joint FAO/CFC Seminar, Rome, Italy.
- Fauzi, A, 2012. “Studi Pengaruh Fraksi Volume dan Variasi Susunan Serat terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Komposit Resin Berpenguat Serat Rotan (*Calamus trachycoleus*)”, Bengkulu: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu.
- Hestiawan, H dan Benykha, A. 2013., “Karakteristik Sifat Mekanik Polimer Epoksi Berpenguat Serat Aren”, Jurnal Mekanikal, Vol. 4, N0. 1, Januari 2013: 332-336.
- Hestiawan, H dan Sohirun., 2012, “Pengaruh Penambahan Serat Lantung Terhadap Sifat Mekanis Komposit Polimer Resin *Epoxy*”, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM) & Thermofluid IV, Universitas Gajah Mada (UGM), Yogyakarta, 16-17 Oktober 2012.
- Holbery, J., dan Houston, D., 2006, Natural Fiber Reinforced Polymer Composites in Automotive Applications, Low-Cost Composites in Vehicle Manufacture, JOM, November 2006.
- Irawan, A. P., Soemardi, T. P., Widjajalaksmi, K., Reksoprodjo, A. H. S., 2009, Komposit Laminat Rami Epoksi Sebagai Bahan Alternatif Socket Prosthesis, Jurnal Teknik Mesin Vol. 11, No. 1, April 2009: 41-45.
- Kaw, A. K. 1997. “Mechanics of Composite material”, CRC press, New York.
- Sanadi, A.R., Caufield ,D. E., Jacobson, R. E., dan Rowel, R. M. 1995. Renewable Agricultural Fiber as Reinforcing Filler in Plastics: *Mechanical Properties of Kenaf Fiber-Polypropylene Composites*, Indust. Rng. Chem. Res. 34: 1889-1896.
- Steven, F, 30 Oktober 2012. Pandanus Tectorius- Pandan Laut.
<http://www.birojasabali.com>, Bali.
- Wahyu, Riswan Eko, 2012. “Pengaruh Variasi Fraksi Volume Filler Serat *Agave*

Sesalana Terhadap Kekuatan Bending
Biokomposit Matrik Pati Ubi Jalar”,
Jurnal Teknik Mesin, Kediri.

Wright dan Helsel., 1996. “*Introduction To*
Materials & Processes”, Delmar Publishers.

PENGARUH KERENGANGAN CELAH KATUP TERHADAP PERFORMA MOTOR BAKAR EMPAT LANGKAH

Agus Nuramal, Yovan Witanto

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
Jln. WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu
e-mail: amahlxk@yahoo.com

ABSTRAK

Valve adjustment aims to provide sufficient space expansion for valves so that when the engine at operating temperature, valves can be fixed and sealed. Result of the improper valve gap can is decreasing engine performance. This study aims to analyze the reduction of engine performance as a result of improper valve gap. The study was conducted by operating the engine in two stages, without heating and with heating at various slit valve. Engine performance is measured by the maximum achievable revolution of machine. The results showed that the exhaust valve gap gives greater influence than the intake valve gap. This is evident from result showed that after heating process, the engine achieved higher revolution compared by unheating process. Another result of the study showed that wider valve gap provided positive effect on the heating process. The heating effect can be minimized by widening valves gap, which the maximum revolution of the engine before heating process is about 83% of the maximum engine revolution by heating process.

Key words: performance, valves gap, revolution

PENDAHULUAN

Penyetelan celah katup menjadi hal yang sangat penting untuk mendapatkan performa motor bakar empat langkah yang ideal. Celah pada katup ditujukan untuk memberi ruang muai antara bagian ujung katup dengan bagian ujung dari *rocker arm* yang bersinggungan. Ruang muai ini berguna agar saat mesin mencapai suhu kerjanya, maka katup dapat benar-benar tertutup saat harus tertutup (pada langkah kompresi dan ekspansi). Pada beberapa kasus terjadi mesin mati mendadak yang dikarenakan celah katup terlalu rapat. Hal itu dapat terjadi karena penyetelan celah katup dilakukan pada waktu mesin dalam keadaan dingin. Sehingga pada saat mesin mencapai suhu kerja maka terjadi pemuaian di semua bagian mesin tak terkecuali pada mekanisme katup. Akibat pemuaian ini maka batang katup yang memuai

akan tertekan *rocker arm*. Karena katup tertekan, maka otomatis penutupan katup tidak rapat dan mesin kehilangan tekanan kerja.

Adanya celah katup juga memberikan efek negatif. Sebelum mesin mencapai suhu kerja, adanya celah katup akan mengakibatkan semakin singkatnya durasi pembukaan katup. Pendeknya durasi diakibatkan oleh keterlambatan pembukaan katup dan penutupan katup yang lebih awal. Hal ini mengakibatkan berkurangnya pasokan udara ke dalam ruang bakar sehingga mengakibatkan performa mesin menurun.

Penurunan performa mesin akibat kerenggangan tentu akan mengakibatkan penurunan performa mesin. Untuk itu perlu diketahui besarnya penurunan performa mesin, agar pembebanan yang dilakukan saat mengawali operasi suatu mesin dapat

disesuaikan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian berkaitan dengan penurunan performa mesin akibat adanya kerenggangan celah antara katup dengan *rocker arm*.

LANDASAN TEORI

Pengembangan motor bensin 4 langkah telah dilakukan sejak awal ditemukannya hingga saat ini. Hal tersebut dikarenakan pada saat ini motor bakar 4 langkah telah menjadi penggerak bagi berbagai aktivitas manusia. Dari mulai *power generating*, penggerak mesin-mesin, sarana transportasi, dan aktivitas-aktivitas lain, banyak yang menjadikan motor bakar tersebut sebagai penggerak utama. Untuk itu berbagai pengembangan mesin terus dilakukan agar didapatkan performa yang lebih optimal.

Motor bakar merupakan kumpulan dari dari berbagai komponen yang bekerja secara simultan dan saling berkaitan, sehingga performa suatu motor bakar dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor luar semisal bahan bakar dan kondisi lingkungan, juga faktor dari komponen-komponen motor bakar tersebut. Berbagai penelitian telah banyak dilakukan orang untuk melihat pengaruh komponen-komponen tersebut terhadap performa dari suatu motor bakar.

Katup buang dan katup masuk walaupun bentuknya mirip tetapi mempunyai fungsi dan keadaan yang berbeda. Katup masuk berfungsi untuk memasukkan udara segar ke dalam silinder sehingga harus mempunyai desain minim gesekan.

Sedangkan pada katup buang menyalurkan gas buang ke luar silinder dengan ditekan piston. Katup masuk bekerja pada suhu yang relatif rendah yaitu 250°C sedangkan katup buang bekerja pada suhu yang lebih tinggi yaitu 650°C (Pulkrabek, 1997, hal. 315). Karenanya katup buang lebih rentan terhadap pemuatan.

Purwanto (2012) membandingkan performa mesin bensin empat langkah dengan menggunakan bahan bakar Premium dan Pertamina. Dalam penelitiannya Penggunaan bahan bakar Pertamina memberikan momen puntir mesin yang lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar Premium. Selain dari pada itu penggunaan bahan bakar Pertamina memberikan daya yang lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar Premium. Dalam penelitiannya juga konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) yang dihasilkan bahan bakar Pertamina juga lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar Premium, sehingga memberikan konsumsi bahan bakar yang lebih irit.

Pardadi (2005) meneliti tentang pengaruh tegangan terhadap loncatan bunga api yang dihasilkan oleh busi. Dalam penelitiannya didapatkan data bahwa celah busi yang longgar membutuhkan tegangan yang lebih besar untuk mendapatkan loncatan bunga api dengan kualitas yang standar.

Azir (2012) meneliti tentang pengaruh celah pada busi terhadap performa motor bakar pada mesin Honda Supra Fit tahun 2004. Dalam penelitiannya, diperoleh bahwa celah elektroda pada busi optimal di angka 0,6 mm.

Pada lebar celah tersebut dihasilkan torsi maksimal, daya maksimal, juga *sfc* yang minimal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengoperasikan mesin pada dua keadaan. Pertama mesin dioperasikan tanpa pemanasan, dan yang kedua mesin dioperasikan setelah dilakukan proses pemanasan. Pada saat mesin dioperasikan sebelum pemanasan diharapkan kerenggangan katup masih mempunyai pengaruh berupa pemendekan durasi katup yang akan menurunkan efisiensi volumetrik. Setelah dilakukan pemanasan diharapkan mesin sudah mencapai suhu kerja sehingga pengaruh kerenggangan celah katup terhadap efisiensi volumetrik dapat diminimalkan. Dari kedua proses tersebut masing-masing dioperasikan dengan pengaturan celah katup yang berbeda-beda. Performa mesin diukur dengan melihat putaran mesin yang dapat dicapai. Dari hasil pengujian tersebut kemudian dibandingkan performa mesin sebelum dipanaskan dan sesudah dipanaskan pada berbagai kerenggangan celah pada katup.

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, hasilnya disajikan dalam bentuk tabel. Dibagian paling kanan tabel langsung disajikan hasil perhitungan perbandingan putaran maksimum (dalam persen).

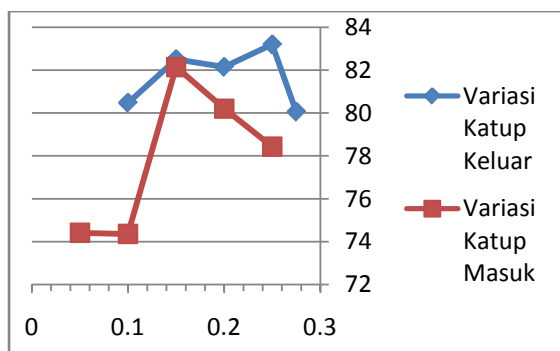
Tabel Hasil Penelitian dan Perhitungan
Penurunan Putaran

Masuk	Keluar	Pemanasan		Perbandingan Putaran
		Sebelum	Sesudah	
(mm)	(mm)	(rpm)	(rpm)	(%)
0.15	0.10	3187	3960	80.5
0.15	0.15	3364	4077	82.5
0.15	0.20	3360	4090	82.2
0.15	0.25	3427	4119	83.2
0.15	0.275	3409	4258	80.1
0.05	0.20	3016	4053	74.4
0.10	0.20	3054	4107	74.4
0.15	0.20	3360	4090	82.2
0.20	0.20	3449	4300	80.2
0.25	0.20	3480	4437	78.4

Analisa Data

Dari data di atas dapat dilihat bahwa semakin lebar celah katup ternyata putaran maksimum yang dicapai semakin tinggi. Hal ini terlihat bahwa untuk celah katup masuk 0,15 mm dan celah katup keluar 0,10 mm putaran maksimum yang dapat dicapai adalah 3187 rpm untuk sebelum dilakukan pemanasan dan 3960 setelah dilakukan pemanasan. Dengan menambah kerenggangan celah katup keluar maka putara maksimumnya terus naik. Demikian juga pada pengaturan celah katup masuk 0,20 mm dan celah katup keluar 0,20 mm putaran maksimum yang dapat dicapai adalah 3016 rpm sebelum pemanasan dan 4053 rpm setelah pemanasan. Penambahan renggang celah katup masuk juga berdampak meningkatnya putaran mesin.

Dari data yang didapatkan kemudian disajikan dalam bentuk grafik renggang celah katup vs penurunan putaran.



Grafik renggang celah katup (absis, mm) vs perbandingan putaran (ordinat, %).

Dari graik terlihat bahwa perbandingan putaran sebelum dipanaskan untuk variasi celah katup relatif stabil dan berada pada kisaran 81%. Hal ini sesuai dengan distribusi suhu pada katup masuk yang berada pada kisaran suhu 250°C (Pulkrabek, 1997). Sedangkan untuk variasi celah katup masuk memberikan kenaikan yang mencolok, berada pada kisaran 74% pada renggang celah katup 0,05 mm dan 0,01 mm, dan naik di kisaran 80% pada celah katup 0,15 mm, 0,2 mm, dan 0,25 mm. Hal ini dimungkinkan karena katup buang mengalami kenaikan suhu yang cukup tinggi hingga mencapai 650°C Pulkrabek, 1997).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa mengenai pengaruh celah busi terhadap performa motor bakar empat langkah, dapat diambil kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. Kerenggangan celah katup buang memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan celah katup masuk dikarenakan katup buang bekerja pada suhu yang lebih tinggi.

2. Celah katup yang lebih longgar memberikan efek yang positif terhadap pemanasan karena dengan celah yang longgar efek pemanasan bisa diminimalkan, dengan putaran mesin sebelum pemanasan mencapai 83% dari putaran mesin setelah pemanasan.

Saran

Dari table hasil penelitian didapatkan bahwa semakin lebar celah katup akan semakin tinggi putaran yang dihasilkan. Namun juga disertai dengan suara yang berisik dan pada beberapa kasus mesin menjadi lebih sulit hidup dan tersendat. Secara kasar hal tersebut seolah-olah semakin lebar celah katup maka mesin memberikan performa yang lebih baik. Namun masih perlu penelitian lebih dalam mengenai batasan-batasan lebar celah katup dan juga efek-efek yang ditimbulkan.

Hal-hal lain yang mungkin mempengaruhi juga harus diteliti lebih dalam. Beberapa hal yang mungkin mempengaruhi diantaranya pengaruh viskositas minyak pelumas, suhu dan kelembaban udara, efisiensi volumetric, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Azir, Fuad M., 2012, "Pengaruh Kerenggangan Celah Elektroda Busi Terhadap Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor Honda Supra Fit tahun 2004., Skripsi Pendidikan tingkat Sarjana (S-1), Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Pardadi, Janu., 2005, "Pengaruh Jarak elektroda Busi Pada Unjuk Kerja Motor

Bensin”., Jurnal Ilmiah Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Pulkrabek, W.W., Engineering Fundamentals of The Internal Combustion Engine, Prentice Hall International, Inc., 1997.

Purwanto, Heru., 2012, “Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Premium dan Pertamina terhadap unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor Honda Supra Fit tahun 2004”., Skripsi Pendidikan tingkat Sarjana (S-1), Universitas Bengkulu, Bengkulu.

PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI DAN PERINGATAN GEMPA BERPOTENSI TSUNAMI DENGAN TRANSMISI SINYAL AUDIO MELALUI MEDIA JALA-JALA LISTRIK

Irnanda Priyadi* Meiky EndaWijaya

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
Jln. WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu

ABSTRACT

Tsunami can be known using detect of earthquake magnitude that cause of tsunami (>6.3 RS, on shallow water). The earthquake of detection process that cause of tsunami still using manually seismograf device which not quite effectively as information present before tsunami happened. The solution of the problem above is by using magnetic levitation concept as a vibration sensor of earthquake detection. Furthermore that information of earthquake directly delivered to microcontroller system by electricity medium and it giving of warning that tsunami will be happened. The information of detection designing and earthquake warning cause of tsunami by electricity medium can be used as early warning system of earthquake.

Keywords : vibration sensor, magnetic levitation, earthquake and tsunami detection

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng sabuk pegunungan aktif yaitu lempeng Pasifik, lempeng Mediterania, dan lempeng Indo-Australia. Hal ini mengakibatkan Indonesia adalah negara yang rawan akan keadaan seismik. Gempa bumi terjadi apabila terjadi patahan akibat bergesernya lempengan, tsunami terjadi apabila tumbukan antarlempeng terjadi di bawah permukaan laut. Indonesia berada pada jalur *The Pasific Ring of Fire* (Cincin Api Pasifik) yaitu jalur rangkaian gunung api aktif di dunia. Cincin api Pasifik membentang di antara subduksi maupun pemisahan lempeng Pasifik dengan lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, lempeng Amerika Utara dan lempeng Nazca yang bertabrakan dengan lempeng Amerika Selatan. Cincin Api Pasifik membentang

dari mulai pantai barat Amerika Selatan, berlanjut ke pantai barat Amerika Utara, melingkar ke Kanada, semenanjung Kamsatschka, Jepang, Indonesia, Selandia Baru, dan kepulauan di Pasifik selatan.

Secara histografi, Indonesia merupakan wilayah langganan gempa bumi dan tsunami. Indonesia memiliki gunung berapi dengan jumlah mencapai 240 buah yang sekitar 70 diantaranya masih aktif. Pasca meletusnya gunung Krakatau yang menimbulkan tsunami besar di tahun 1883, setidaknya telah terjadi 17 bencana tsunami besar di Indonesia selama hampir satu abad (1900-1996). Bencana gempa bumi dan tsunami mulai dari Aceh, Nias, Yogyakarta dan sebagian wilayah Jawa sudah banyak memakan korban jiwa.

Bencana gempa bumi tidak dapat diramalkan waktu kejadiannya. Hal ini disebabkan gempa dapat terjadi secara tiba-tiba pada zona gempa bumi. Hal yang masih

mungkin dapat dilakukan adalah membangun sistem peringatan dini (*early warning sytem*) yang berfungsi sebagai "alarm" darurat jika sewaktu-waktu terjadi gempa. Alat-alat pendeteksi gempa diletakkan pada daerah-daerah rawan gempa seperti Aceh, Bengkulu, pantai selatan Jawa, dan sejumlah daerah rawan gempa lainnya. Dalam penelitian ini dirancang suatu alat pendeteksi gempa dan tsunami menggunakan sensor getaran yang bekerja menggunakan transmisi sinyal audio melalui media jala-jala listrik. Sistem ini memberikan terobosan baru di bidang teknologi dengan memanfaatkan pendeteksian levitasi magnet.

1.2. Tujuan

Merancang alat pendeteksi gempadan peringatan tsunami yang prinsip kerjanya menggunakan transmisi sinyal audio melalui media jala-jala listrik

1.3. Manfaat Penelitian

- a. Sebagai referensi alternatif alat pendeteksi dan peringatan gempa yang dapat berpotensi tsunami
- b. Menunjukkan bahwa jaringan listrik dapat digunakan sebagai alat transimsi sinyal audio
- c. Rancangan alat dapat dijadikan sebagai peringatan dini terhadap bencana gempa berpotensi tsunami

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Happy Aristiawan dan Hery Setiadi (2006) dalam penelitiannya merancang sistem pemanfaatan levitasi magnet sebagai sensor gerak vertikal untuk deteksi getaran. Penelitiannya menjelaskan tentang pendeteksian getaran gempa menggunakan ggl (gaya gerak listrik) yang dihasilkan oleh kumparan. Sistem ini masih memiliki kelemahan yaitu sistem ini menggunakan komputer untuk membaca hasil pembacaan sensor dan tidak ada peringatan apa bila terjadinya gempa.

Rachmat Winadi (2007) dalam penelitiannya merancang sensor posisi faraday untuk pendeteksi dini gempa pada gedung. Kelebihan dari sistem yang dirancang dapat mendeteksi gempa dan dapat mengaktifkan sistem keamanan dalam gedung secara otomatis. Kekurangan sistem yang dirancang hanya dapat mendeteksi getaran gempa maksimal 6.0 skala richter dan jangkauan area hanya di sekitar gedung.

Sekilas Tentang Gempa Bumi

Gempa bumi disebabkan karena adanya pelepasan energi regangan elastis batuan dalam bentuk patahan atau pergeseran lempeng bumi. Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi.

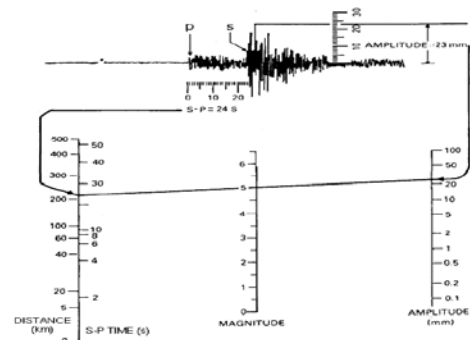
Magnitudo gempa merupakan karakteristik gempa yang berhubungan dengan jumlah energi total seismik yang dilepaskan sumber gempa. Magnitudo ialah

skala besaran gempa pada sumbernya. Besaran yang digunakan untuk mengukur suatu gempa selain magnitudo adalah intensitas. Intensitas dapat didefinisikan sebagai suatu besarnya kerusakan disuatu tempat akibat gempa bumi yang diukur berdasarkan kerusakan yang terjadi. Harga intensitas merupakan fungsi dari magnitudo, jarak ke episenter, lama getaran, kedalaman gempa, kondisi tanah dan keadaan bangunan. Skala Intensitas Modifikasi Mercalli (MMI) merupakan skala intensitas yang lebih umum dipakai.

Skala Richter

Skala Richter didefinisikan sebagai logaritma (basis 10) dari amplitudo maksimum, yang diukur dalam satuan mikrometer, dari rekaman gempa oleh instrumen pengukur gempa (seismometer), pada jarak 100 km dari pusat gempanya. Sebagai ilustrasi, seandainya diperoleh rekaman gempa bumi (seismogram) dari seismometer yang terpasang sejauh 100 km dari pusat gempa, amplitudo maksimumnya sebesar 1 mm, maka kekuatan gempa tersebut adalah $\log (10 \text{ pangkat } 3 \text{ mikrometer})$ sama dengan 3,0 skala Richter.

Untuk memudahkan orang dalam menentukan skala Richter ini, tanpa melakukan perhitungan matematis yang rumit, dibuatlah tabel sederhana seperti gambar berikut :



Gambar 2.1. Perhitungan Skala Richter

Parameter yang harus diketahui adalah amplitudo maksimum yang terekam oleh seismometer (dalam milimeter) dan beda waktu tempuh antara gelombang-P dan gelombang-S (dalam detik) atau jarak antara seismometer dengan pusat gempa (dalam kilometer). Dalam gambar di atas dicontohkan sebuah seismogram mempunyai amplitudo maksimum sebesar 23 milimeter dan selisih antara gelombang P dan gelombang S adalah 24 detik maka dengan menarik garis dari titik 24 dt di sebelah kiri ke titik 23 mm di sebelah kanan maka garis tersebut akan memotong skala 5,0. Jadi skala gempa tersebut sebesar 5,0 Skala Richter.

Sekilas Tentang Tsunami

Tsunami ditimbulkan oleh adanya deformasi (perubahan bentuk) pada dasar lautan, terutama perubahan permukaan dasar lautan dalam arah vertical seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2. Deformasi Pergerakan Lempeng Bumi

Perubahan pada dasar lautan tersebut akan diikuti dengan perubahan permukaan lautan, yang mengakibatkan timbulnya penjalaran gelombang air laut secara serentak tersebar keseluruh penjuru mata-angin. Kecepatan rambat penjalaran tsunami disumbernya bisa mencapai ratusan hingga ribuan km/jam, dan berkurang pada saat menuju pantai yang kedalamannya semakin dangkal. Walaupun tinggi gelombang tsunami disumbernya kurang dari satu meter, tetapi pada saat menghempas pantai, tinggi gelombang tsunami bisa mencapai lebih dari 5 meter. Hal ini disebabkan berkurangnya kecepatan merambat gelombang tsunami karena semakin dangkalnya kedalamannya laut menuju pantai, tetapi tinggi gelombangnya menjadi lebih besar, karena harus sesuai dengan hukum kekekalan energi.

Penelitian menunjukkan bahwa tsunami dapat timbul bila kondisi tersebut dibawah ini terpenuhi :

- Gempa bumi dengan pusat di tengah lautan.
- Gempa bumi dengan magnitude lebih besar dari 6.3 skala Richter
- Gempa bumi dengan pusat gempa dangkal, kurang dari 40 Km
- Gempa bumi dengan pola mekanisme dominan adalah sesar naik atau sesar turun
- Lokasi sesar (*rupture area*) di lautan yang dalam (kolom air dalam).

- Morfologi (bentuk) pantai biasanya pantai terbuka dan landai atau berbentuk teluk.

Sensor

Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya (Sharon, 1982). Sensor merupakan piranti yang sangat umum digunakan dalam suatu sistem instrumentasi. Penggunaan sensor didasarkan atas kebutuhan sistem instrumentasi untuk mengindra seperti gempa bumi. Hal tersebut Karena sistem instrumentasi secara garis besar mempunyai prosedur dan rangkaian proses yang saling berkaitan. Bermula dari proses pengukuran getaran bumi yang ditangkap oleh sensor, diolah oleh unit pengendali, dan ditampilkan dalam bentuk satuan skala richter.

Sensor didefinisikan sebagai alat yang mampu mengindra perubahan nilai variable fisis seperti getaran bumi dan merespon dengan keluaran elektrik yang proposional terhadap perubahan input.

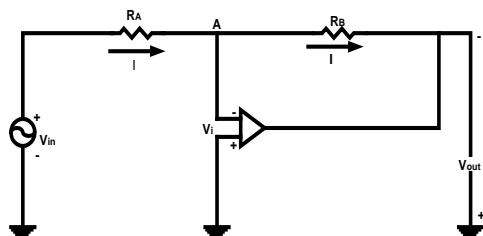
Dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum yaitu linieritas dan sensitivitas (Sharon, 1982).

Op-amp

Penguat Operasional (*Op-amp*) merupakan kumpulan puluhan transistor dan resistor dalam bentuk satu chip IC. *Op Amp* merupakan komponen aktif linear yang merupakan penguat gandeng langsung (*direct coupling*), dengan penguatan lintasan terbuka (*Open Gain*) yang sangat besar dan dapat dipakai untuk menjumlahkan, mengalikan, membagi, mendifferensialkan, serta mengintegralkan tegangan listrik. IC *Op-amp* sering dipakai untuk perhitungan-perhitungan analog, instrumentasi, maupun berbagai macam aplikasi control.

Inverting Amplifier

Penguat *inverting* pada dasarnya disusun menggunakan komponen eksternal berupa dua buah resistor yang dihubungkan seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Rangkaian *Inverting Amplifier*

Pada gambar 2.3, polaritas dari V_i ditentukan oleh polaritas dari V_{in} , sedangkan polaritas dari V_{out} merupakan kebalikan dari polaritas V_{in} . Bila *Op-Amp* ideal, maka V_i sama dengan nol, karena intrinsik input resistansinya sangat tinggi. Dengan demikian titik A merupakan *virtual ground*.

Pada operasinya, saat sinyal masukan berubah menjadi positif nilainya, maka saluran keluaran akan menjadi negatif

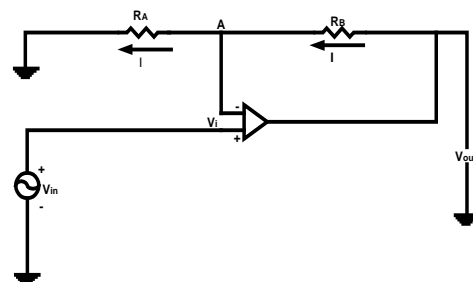
dan sebaliknya. Selain itu jumlah perubahan tegangan di saluran keluaran secara relatif tergantung terhadap tegangan masukan dengan nilai perbandingan yang ditentukan oleh nilai resistor eksternal. Dengan demikian nilai penguatan model amplifier diatas adalah (Kartidjo, M., Djodikusumo, I., 1996):

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_B}{R_A} \quad \text{dengan nilai A}$$

$$(\text{penguatan}) = \frac{R_B}{R_A} \quad (2.1.)$$

Noninverting Amplifier

Penguat *non-inverting* pada dasarnya disusun menggunakan komponen eksternal berupa dua buah resistor yang dihubungkan seperti terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2 4. Rangkaian *Non-Inverting Amplifier*

Dari pengamatan gambar 2.4, diketahui bahwa V_{out} memiliki fase yang sam dengan V_{in} . Arah dari I pada R_A dan pada R_B dari positif ke negatif. Pada operasinya, impedansi masukan seperti diperlihatkan oleh sinyal akan menjadi lebih besar karena masukannya akan mengikuti sinyal yang diberikan dan tidak dijaga untuk tetap konstan oleh arus umpan balik

(*feedback*). Kondisi ini menyebabkan pada saat sinyal dimasukan mulai bergerak, secara otomatis sinyal dikeluarkan akan mengikuti fasenya sehingga masukan inverting akan dijaga nilai tegangannya pada taraf yang sama. Gain atau perolehan tegangan pada model ini akan selalu lebih dari 1, dengan demikian nilai penguatan dari model amplifier diatas adalah(Kartidjo, M., Djodikusumo, I., 1996):

$$\frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_B}{R_A} \text{ dengan nilai } A \text{ (penguatan)} > 1 \quad (2.2)$$

Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi ini adalah gabungan antara penguat *voltage follower* dengan penguat diferensial (Wasito. S, 2001). Penguat ini akan menguatkan sinyal dan membandingkan antara sinyal positif dan negatif pada masukannya.

Dengan demikian nilai penguatan model *amplifire* dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut (Wasito. S, 2001):

$$R_1 = R_a; \quad R_f = R_b; \quad R_2 = R_4$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \left(1 + \frac{2.R_2}{R_3} \right) * \left(\frac{R_f}{R_1} \right) \quad (2.3.)$$

Mikrokontroler

Mikrokontroller adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya.

Mikrokontroller AT89S52 sebagai basis dari pembuatan alat karena jenis ini banyak dipakai serta lebih mudah untuk mengendalikannya.

Reset pada mikrokontroler

Reset dapat dilakukan secara manual maupun otomatis saat power diaktifkan (*power on reset*). Rangkaian reset secara manual dirangkai dengan memberikan tombol *push button* yang dirangkai secara seri terhadap tegangan positif (VCC) sedangkan reset secara otomatis dibangun dengan menggunakan dua komponen pasif yaitu resistor dan kapasitor yang dirangkai menjadi rangkaian differensial.(Smith, R.J.,1976)

ADC (*Analog Digital converter*)

ADC merupakan suatu rangkaian atau alat yang dapat mengukur suatu sinyal input berbentuk analog seperti tegangan atau arus, kemudian mengubahnya menjadi suatu kata biner (*binary word*) yang ekuivalen dengan sinyal yang diukur tersebut. ADC akan menghasilkan output dalam bentuk suatu sandi (*encoded output*). Setiap perubahan sebesar 1 LSB dalam outptunya menyatakan suatu harga inkremental dari sinyal outputnya yang berbentuk tegangan listrik atau arus listrik (Kartidjo, M., Djodikusumo, I., 1996).

Display

Display merupakan unit yang bertugas untuk menunjukkan hasil dari perhitungan aritmatik, baik sebelum,

sedang, ataupun sesudah proses perhitungan terjadi. Berbagai macam teknologi penampil telah dikembangkan saat ini, di antaranya adalah LED (*Light Emitting Diode*).

LED (*Light Emitter Dioda*)

LED adalah dioda yang mampu menghasilkan cahaya pada saat diberikan tegangan maju kepada kaki-kakinya (Wasito, S., 2001). Bahan yang umum digunakan untuk LED kombinasi Galium-Arsenida (GaAs) dan Galium-Fosfor (GaP). Sedangkan bentuk fabrikasinya dapat bermacam-macam, dari bentuk seperti tabung yang biasanya digunakan untuk indikator hingga bentuk alfanumeris untuk keperluan menampilkan huruf dan angka. Keuntungan pemakaian LED adalah kecepatan responnya terhadap tegangan yang diberikan, tahan guncangan, masa pemakaian yang lebih lama, efisiensinya yang tinggi, dan kemampuannya bekerja pada tegangan yang rendah.

Untuk menentukan besar arus yang melalui LED dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Wasito, S., 2001) :

$$I_{LED} = \frac{V_{in} - V_{LED}}{R} \quad (2.5)$$

Ket LED : Arus maju LED

V_{in} : Tegangan input

V_{LED} : Kondisi Tegangan maju

LED

R : Tahanan

BAB III. METODE PENELITIAN

Prosedur Perancangan

Prosedur perancangan yang dimaksud adalah tata cara pencapaian target perancangan sebagaimana tertulis dalam tujuan penelitian. Prosedur perancangan ini antara lain : Analisis Kebutuhan, Spesifikasi, Desain, Prototyping, Verifikasi, Validasi dan Finalisasi.

Analisis Kebutuhan

Kebutuhan pokok yang harus dapat dilayani oleh sistem yang hendak dibangun agar sistem yang dirancang sesuai dengan tujuan yang akan dicapai adalah :

- Perlunya suatu sensor yang dapat mengindra gempa bumi.
- Sistem yang dirancang dapat memberikan peringatan gempa yang berpotensi tsunami secara otomatis dan terkendali.
- Sistem yang dirancang dapat menampilkan informasi gempa bumi dalam satuan skala richter.

Spesifikasi

Komponen alat pendeteksi dan peringatan gempa berpotensi tsunami dengan transmisi sinyal audio melalui media jala-jala listrik yang dibangun meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Secara umum sistem alat ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Sensor yang digunakan untuk mengindra gempa bumi berupa kumparan yang dililitkan disebuah

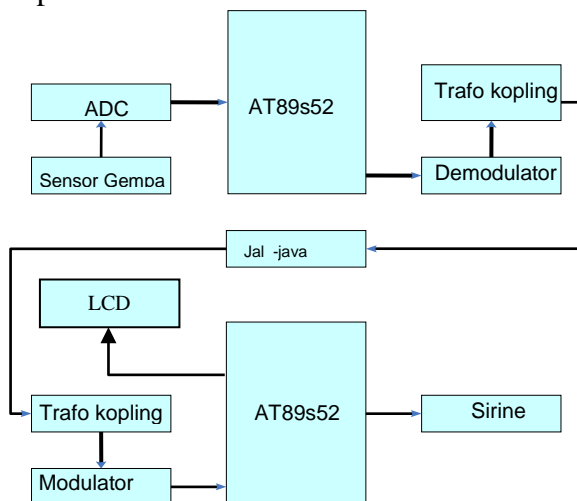
tabung yang didalamnya terdapat magnet (nonfundamental sensor).

- Peringatan berupa suara sirene yang terbuat dari *buzzer* 12 Volt.
- Komponen untuk menampilkan informasi menggunakan LCD.
- Komunikasi pada sistem ini menggunakan jala-jala listrik yang memanfaatkan frekuensi jala-jala listrik sebagai frekuensi *carrier*-nya.
- Komponen untuk pendeteksian dan pengendalian menggunakan mikrokontroller AT89S52.

Desain

Perangkat Keras

Rancangan elektronik sistem yang dibuat ditunjukkan dalam blok diagram seperti Gambar 3.1 :



Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem

Perangkat Lunak

Perangkat lunak dibangun untuk memproses dan mengontrol alur kerja keseluruhan sistem yang berpusat pada mikrokontroller.

Prototyping

Tahap ini dilakukan pembangunan sistem. Pembangunan sistem meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Sistem dibangun per bagian fungsi. Berbagai kesalahan dapat ditemui dalam tahap ini. Sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap perangkat yang sedang dibangun dan secepatnya melakukan koreksi.

Tahap akhir pembangunan setiap bagian fungsi dilakukan pengujian (**verifikasi**) bagian tersebut. Jika semua bagian telah diuji, maka dilakukan integrasi bagian-bagian fungsi tersebut menjadi sebuah sistem instrumen yang utuh.

Validasi

Pada tahap ini dilakukan pengujian secara menyeluruh terhadap sistem. Validasi meliputi pengujian fungsional dan pengujian ketahanan sistem. Apabila ditemukan kesalahan dalam validasi ini dapat dilakukan koreksi sepanjang tidak mengubah kerangka dasar sistem seperti yang tertulis dalam tujuan dan analisis kebutuhan.

BAB IV. HASIL DAN PENBAHASAN

4.1.Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja alat yang dirancang sebagai berikut : saat gempa bumi terjadi maka magnet pada sensor akan naik turun. Dengan naik turunnya magnet di dalam sensor yang terbuat dari lilitan maka medan magnet yang terdapat pada magnet permanen akan memotong-motong lilitan.

Lilitan yang dilewati medan magnetik akan menghasilkan fluks magnetik. Fluks magnetik tersebut akan menghasilkan gaya gerak listrik sesuai dengan besarnya fluks magnetik yang dihasilkan. Gaya gerak listrik tersebut berupa arus dan tegangan. Besarnya tegangan tersebut tergantung dari tingginya magnet permanen yang bergerak di dalam sensor. Keluaran sensor langsung masuk ke rangkaian ADC, lalu tegangan sensor tersebut akan diubah menjadi digital berupa bilangan hexa 8 bit secara paralel. Hasil pengubahan dari analog ke digital ini oleh mikrokontroler akan diubah menjadi bilangan desimal berupa skala richter.

Data hasil perhitungan skala richter akan ditampilkan ke LCD untuk ditampilkan. Lalu data matang berupa skala richter tersebut akan dikirim menggunakan IC HT12E. Data biner 4 bit yang dikeluarkan oleh mikrokontroler akan diubah menjadi gelombang RF untuk dipancarkan. Hasil pengubahan dari biner 4 bit ke gelombang RF tersebut difilter menggunakan kapasitor menuju ke transformator output (OT) untuk disuntikkan ke jala-jala listrik dengan bantuan kapasitor kopling.

Sinyal yang telah dikirimkan melalui jala-jala listrik ditangkap menggunakan kapasitor kopling yang diserikan terhadap transformator input (IT) untuk diteruskan ke rangkaian penerima. Sinyal yang berupa RF yang telah sampai lalu diubah kembali

menjadi bilangan digital 4 bit dengan menggunakan IC HT12D. Bilangan biner 4 bit hasil pengubahan tersebut akan dimasukkan dan diproses oleh mikrokontroler. Hasil proses tersebut di dalam mikrokontroler akan ditampilkan melalui LCD dan akan dibandingkan. Apabila skala richter yang diterima lebih besar sama dengan 6,5 SR maka sirine yang berupa buzzer akan di aktifkan hingga tombol stop buzzer ditekan.

4.2.Perangkat Keras

4.2.1. Rangkaian Mikrokontroler

Bagian minimum sistem mikrokontroller AT89S52 memerlukan catu daya sebesar 5Vdc. Sumber *clock* diperoleh dari sebuah kristal (XTAL) 12MHz dipasang pada kaki 18 dan 19 yang diserikan terhadap kapasitor sebesar 30pF pada setiap kaki yang fungsinya sebagai pembuang tegangan *ripple* hasil osilator.

4.2.2. Rangkaian Catu Daya

Dalam sistem ini menggunakan dua rangkaian catu daya, yaitu rangkaian catu daya pada pemancar dan rangkaian catu daya pada penerima.

a. Rangkaian catu daya pada pemancar
Pada pemancar membutuhkan 3 (tiga) tegangan, yaitu : +12Volt, +5Volt, -5Volt. Pertama-tama tegangan jala-jala 220 VAC diturunkan menggunakan transformator CT *step down* menjadi 12 VAC, 0VAC dan 12VAC, tegangan yang telah diturunkan tersebut lalu disearahkan dengan

menggunakan dioda *bridge* yang hasilnya berupa penyearah gelombang penuh menjadi +12VDC, 0VDC(GND), -12VDC. Setelah tegangan telah disearahkan lalu difilter menggunakan kapasitor polaritas sebesar 1000uF baik ditegangan positif maupun ditegangan negatif. Kapasitor ini berfungsi sebagai pemangkas gelombang hasil penyearahan agar didapat tegangan DC yang sempurna. Untuk mendapatkan tegangan +5Volt dan -5Volt membutuhkan regulator 7805 untuk +5Volt dan 7905 untuk -5Volt. Keluaran IC regulator tersebut difilter agar tegangan yang dihasilkan lebih sempurna kembali dengan menggunakan kapasitor polaritas sebesar 470uF.

Tabel 4.1. Pengukuran tegangan pada rangkaian catu daya pada pemancar

No	Jala-jala listrik (VAC)	Output Transformator CT (VAC)	Keterangan	Output Dioda Bridge (VDC)	Output Regulator (VDC)
1	210	12,03	Positif	12,06	5,02
2		12,04	Negatif	-12,05	-5,06

b. Rangkaian catu daya pada penerima

Untuk sistem penerima tidak membutuhkan tegangan yang banyak, cukup satu tegangan, yaitu +5Volt. Prinsip kerja dari rangkaian catu daya pada penerima ini sama dengan prinsip kerja dari rangkaian catu daya pada pemancar, jadi tidak perlu di perjelas kembali.

Tabel 4.2. Pengukuran tegangan pada rangkaian catu daya pada pemancar

Jala-jala listrik (VAC)	Output Transformator (VAC)	Output Dioda Bridge (VDC)	Output Regulator (VDC)
210	15,14	15,20	5,01

4.2.3. Rangkaian Indikator

Pada sistem ini ada dua rangkaian indikator yang digunakan pada penerima khususnya, yaitu rangkaian indikator tsunami dan rangkaian indikator TX.

a. Rangkaian indikator tsunami

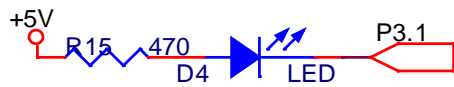
Rangkaian indikator tsunami ini dibentuk dengan menggunakan dua buah transistor yang dirangkai menjadi rangkaian *durling tone* dan sumber suara berasal dari *buzzer*. Pada saat logika 1 (*high*) diberikan input rangkaian *durling tone* maka transistor C828 akan mengalami tersaturasi, dengan tersaturasinya transistor C828 ini maka arus mengalir dari kolektor ke emitor yang mengakibatkan transistor BD139 mengalami tersaturasi. Dengan tersaturasinya BD139 maka arus dari kolektor yang dikeluarkan oleh *buzzer* mengalir ke emitor yang mengakibatkan *buzzer* berbunyi.

b. Rangkaian indikator transmitter (Tx)

Pada sistem ini rangkaian indikator transmitter dibentuk dengan menggunakan LED sebagai penampil. Saat data yang diterima (Tx), LED akan berkedip per 4bit data yang dikirim. Resistor yang terdapat pada anoda LED berfungsi sebagai penghambat agar LED tidak mudah rusak. Tegangan LED warna hijau adalah sebesar 2,7 Volt (ketentuan), jadi arus yang diterima

oleh LED dapat dihitung dengan persamaan (2.7) adalah :

$$I_{LED} = \frac{5 - 2,7}{470} = 0,0049A = 4,9mA$$



Gambar 4.1. Rangkaian indikator TX

4.2.4. Rangkaian Konversi Analog ke Digital

Rangkaian konversi analog ke digital ini dibangun dengan menggunakan IC ADC0804 yang ditambah dengan 3 (tiga) komponen pasif eksternal. Rangkaian konversi analog ke digital ini difungsikan untuk mengubah perubahan linieritas tegangan yang dihasilkan oleh sensor menjadi bilangan digital 8 bit. Variabel resistor (VR) yang dipasang pada pin 9 berfungsi sebagai tegangan referensi untuk pembandingan dengan masukan. Serta resistor (R) dan kapasitor (C) yang dipasang secara parallel pada pin 19 dan 14 berfungsi sebagai pembangkit *clock* untuk mengaktifkan pengkonversian IC ADC0804, terlihat pada Gambar 4.13. Frekuensi yang dihasilkan dari gabungan rangkaian RC yang dipakai dapat dihitung dengan persamaan (2.6) adalah :

$$f = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 10k \times 150pF} = 106.157 KHz$$

4.3.Perangkat Lunak

Perangkat lunak system instrument pengukur kecepatan benda bergerak ini dengan bahasa C dan sebagai kompelernya menggunakan *software*MIDE51 yang dijalankan pada *windows*. Untuk pentransferan hasil kompelernya menggunakan *software*SpiPgm v.3.0.

4.4.Percobaan Alat

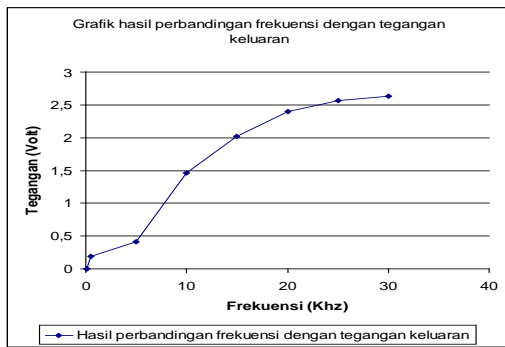
Setelah sistem pengendali dinyatakan lulus uji alat selanjutnya dilakukan implementasi.

4.4.1. Pengujian transformator isolasi

Sebelum melakukan pengkoplingan terhadap jala-jala listrik, pengujian trafo isolasi bertujuan untuk mengetahui respon frekuensi yang bekerja dan level tegangan. Trafo isolasi yang digunakan untuk membloking frekuensi 50Hz jala-jala listrik , dan tegangan pada pengujian yang diberikan adalah 5Volt. pembangkit frekuensi menggunakan program RTA v3.4(*Real Time Audio*). Gambar 4.2 merupakan grafik hasil pengujian trafo isolasi yang dilakukan.

Tabel 4.3. Pengujian transformtor isolasi (*Transmitter*)

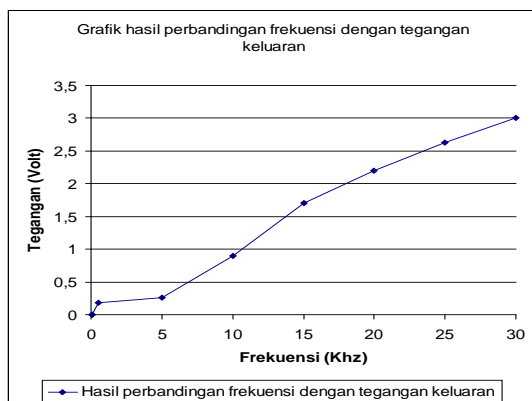
Input Frekuensi (KHz)	Output Frekuensi (Volt)
0,05	0
0,1	0
0,5	0,195
5	0,41
10	1,46
15	2,015
20	2,4
25	2,56
30	2,63



Gambar 4.2. Grafik hasil pengujian transformator isolasi (Transmitter)

Tabel 4.4. Pengujian transformtor isolasi (Reciever)

Input Frekuensi (KHz)	Output Frekuensi (Volt)
0,05	0
0,1	0
0,5	0,18
5	0,26
10	0,9
15	1,7
20	2,2
25	2,63
30	3,01



Gambar 4.3. Grafik hasil pengujian transformator isolasi (Receiver)

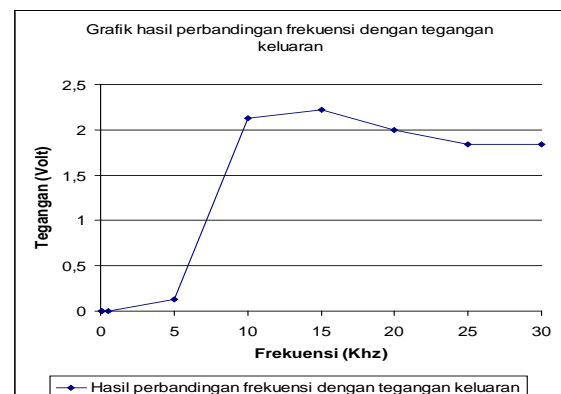
Pengujian dilakukan terhadap transformator isolasi yang ada pada *transmitter* dan *receiver*. Ini dilakukan karena setiap transformator isolasi yang dibuat tidak sama karakteristiknya antara

satu dengan yang lainnya. Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menunjukkan bahwa trafo bekerja pada frekuensi diatas 0,5KHz dengan amplitude yang semakin besar dan pada frekuensi tertentu amplitudo (level tegangan akan turun seiring bertambahnya frekuensi. Pengujian ini dilakukan pada masing-masing transformator isolasi.

Setelah pengujian masing-masing transformator isolasi telah di lakukan, selanjutnya dilakukan pengujian secara bersamaan dengan tujuan untuk mengetahui apabila sinyal ditransmisikan terjadi penurunan level tegangan atau tidak serta juga respon frekuensi yang bekerja pada kedua transformator isolasi apakah terjadi perubahan.

Tabel 4.5. Hasil pengujian transformator secara bersamaan

Input Frekuensi (KHz)	Output Frekuensi (Volt)
0,05	0
0,1	0
0,5	0
5	0,133
10	2,13
15	2,22
20	2
25	1,84
30	1,84



Gambar 4.4. Grafik hasil pengujian transformator secara bersamaan

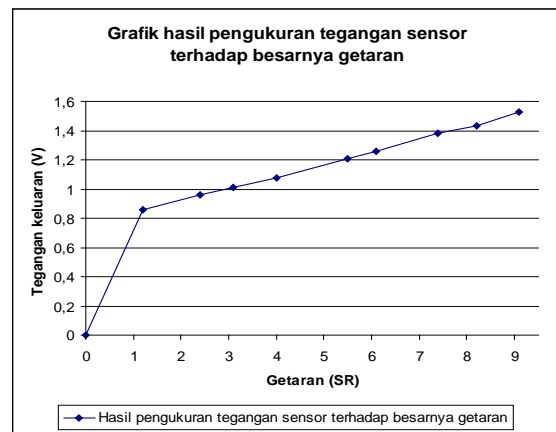
Dari grafik hasil pengujian transformator isolasi secara bersamaan, menunjukkan penurunan level tegangan dibandingkan hasil pengujian transformator isolasi secara terpisah (transformator pada *transmitter* dan transformator pada *receiver*). Ini diakibatkan adanya rugi-rugi pada jalur transmisi yang digunakan, mungkin disebabkan adanya kondisi transformator isolasi pada *receiver* yang mengalami titik jenuh.

4.4.2. Pengujian sensor gempa

Pengujian sensor gempa dilakukan untuk membuktikan hasil keluaran berupa variabel tegangan terhadap besarnya guncangan yang diterima oleh sensor. Pengukuran variabel tegangan dilakukan dengan cara menggerakkan sensor secara naik turun seperti terjadinya gempa bumi, serta membandingkannya dengan tampilan pada LCD sebagai indikasi besarnya getaran yang dilakukan. Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengukuran tegangan terhadap besarnya getaran.

Tabel 4.6. Hasil pengukuran tegangan sensor terhadap besarnya getaran

Tampilan pada LCD(SR)	Output sensor (Volt)
0,0	0,00
1,2	0,86
2,4	0,96
3,1	1,01
4,0	1,08
5,5	1,21
6,1	1,26
7,4	1,38
8,2	1,43
9,1	1,53



Gambar 4.5. Grafik hasil pengukuran tegangan sensor terhadap besarnya getaran

Dari Gambar 4.5 membuktikan bahwa semakin besarnya getaran yang diterima oleh sensor maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan oleh sensor.

Pengukuran tegangan keluaran Op-Amp

Pengukuran tegangan keluaran Op-Amp difungsikan untuk mendapatkan hasil pengukuran tegangan dari keluaran Op-Amp dan membuktikan apakah Op-Amp yang dibuat mengalami penguatan tegangan atau tidak. Pengukuran tegangan keluaran Op-Amp ini dilakukan dengan cara memberikan variabel resistor 100k tipe 100 putaran pada input *non-inverting* Op-Amp agar didapat tegangan yang tepat dan linier. Tabel 4.7 menjelaskan tentang hasil pengukuran keluaran Op-Amp dan perbandingan terhadap perhitungan penguatan *non-inverting*.

Tabel 4.7 Hasil pengukuran tegangan keluaran Op-Amp

Pengukuran Op-Amp dengan faktor penguatan $A = 6,2$				
No	Input Op-Amp (Volt)	Output Op-Amp (Volt)	Perhitungan (Volt)	Error (%)
1	0,20	1,26	1,24	1,59
2	0,22	1,39	1,36	2,16
3	0,24	1,51	1,49	1,32
4	0,26	1,64	1,61	1,83
5	0,28	1,77	1,74	1,69
6	0,31	1,89	1,92	1,59
7	0,32	2,02	1,98	1,98
8	0,35	2,15	2,17	0,93
9	0,37	2,27	2,29	0,88
10	0,38	2,40	2,36	1,67
Rata-rata				1,56

Terlihat pada Tabel 4.7 terjadinya *error* diakibatkan karena resistor yang digunakan sebagai R_{in} dan R_f bukan menggunakan resistor 1%. Dari error rata-rata sebesar 1,56% yang dihasilkan bahwa sistem yang dibuat telah bekerja sesuai yang diharapkan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

1. Tingkat akurasi alat sangat tergantung beberapa hal antara lain respon sensor terhadap getaran, kalibrasi alat dan *software* aritmatik yang dihasilkan.
2. Tegangan pada pemancar sangat berpengaruh terhadap jarak pancaran.

Saran :

Agar kontinuitas kerja alat tidak terganggu diperlukan *accu* untuk mengantisipasi bila terjadi pemutusan hubungan listrik dari PLN atau dengan menggunakan solar sel untuk penyedia daya ke sistem pada pemancar.

DAFTAR PUSTAKA

Aristiawan, H., Setiadi, H., “Pemanfaatan Levitasi Magnet Sebagai Sensor Gerak Vertikal Untuk Deteksi Getaran, ITB, 2006

Kartidjo, M., Djodikusuma, I., “Mekatronika”, Higher Education Development Support Project, 1996

Sharon,D., “*Principles of Analysis Chemistry*”, New York : Harcourt Brace College Publisher, 1982

Smith,R.J., “*Circuits Devices and Systems*”, New York: John wiley & Sons, 1976

Wasito, S., ”Vademekum Elektronika”, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2001

Winadi, R., “Pembuatan Sensor Posisi Faraday Untuk Pendeteksi Dini Gempa pada gedung”, Proyek Akhir, PENS-ITS, Surabaya,.2007

EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JALAN DANAU KOTA BENGKULU

Samsul Bahri¹⁾, Mawardi²⁾, Lestarida³⁾

^{1, 2)}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

³⁾ Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

Jl. Raya Kandang Limun, Bengkulu Telp. (0736) 344087

Email: sbahri1972@yahoo.co.id

ABSTRACT

This study aims to evaluate the performance of the signalized intersection of Danau street Bengkulu City. The Evaluation method is using Indonesian Highway Capacity Manual (MKJI) 1997. The results show the approach of Danau 01 street has a degree of saturation (DS) of 0.96 with the level of service (LOS) D; the approach of Zainul Arifin street has a DS of 1.42 with the LOS F; the approach of Danau 02 street has a DS of 0.90 with the LOS C and the approach of Jaya Wijaya street has a DS 0.72 with the LOS B. This condition needs the optimization of traffic signal by adding the width of the intersection of the approach so that the DS 0.75. The optimization results conclude that the approach of Danau 01 street has a DS of 0.75 with the LOS D; the approach of Zainul Arifin street has a DS of 0.75 with the LOS C; the approach of Danau 02 street has a DS of 0.75 with the LOS B and the approach of Jaya Wijaya street has a DS 0.75 with the LOS B.

Keywords: degree of saturation, level of service, traffic signal

1. PENDAHULUAN

Peran penting transportasi darat dalam mendukung terwujudnya kesejahteraan masyarakat tidak diragukan lagi keberadaannya. Sarana dan prasarana transportasi darat yang meliputi kendaraan, jaringan jalan raya dan sistem manajemen pengaturan menjadi sangat penting untuk menjadi perhatian. Keterpurukan kondisi sarana dan prasarana transportasi darat menjadi salah satu indikator tertinggalnya tingkat kesejahteraan suatu wilayah.

Dalam sistem jaringan jalan, persimpangan adalah bagian terpenting yang harus diperhatikan dalam sistem manajemen pengaturan jalan. Persimpangan merupakan ruang dimana kendaraan saling bertemu dari berbagai ruas jalan yang ada. Bertemuinya kendaraan pada suatu simpang dapat

menyebabkan konflik yang berakibat pada penurunan tingkat keamanan dan kenyamanan perjalanan. MKJI (1997) menyarankan agar konflik kendaraan pada suatu persimpangan harus dipisahkan dengan manajemen lalu lintas, diantaranya adalah penggunaan lampu lalu lintas (*traffic light*) dengan sinar tiga warna yaitu merah, kuning, hijau. Lampu lalu lintas diterapkan pada suatu persimpangan dengan berbagai pertimbangan antara lain, menghindari kemacetan, menyediakan fasilitas penyeberangan bagi pejalan kaki dan mengurangi jumlah kecelakaan yang diakibatkan dari kendaraan yang konflik.

Persimpangan pada Jalan Danau-Jalan Zainul Arifin-Jalan Jaya Wijaya merupakan salah satu persimpangan yang sudah menerapkan lampu

lalulintas. Persimpangan ini berada di lingkungan komersial yang tidak terlalu jauh dari pusat kota Bengkulu dan dekat dengan tempat wisata danau Dendam Tak Sudah. Persimpangan ini terdiri dari empat pendekat/lengan. Lengan jalan Zainul Arifin dan jalan Danau banyak dilalui oleh kendaraan bermotor baik roda 2 maupun roda 4 atau lebih.

Ruas Jalan ini merupakan jalan pintas yang sering digunakan oleh masyarakat untuk pergi ke pasar dan beberapa pusat kegiatan lainnya. Volume lalulintasnya cukup tinggi khususnya saat jam sibuk sehingga mengakibatkan tundaan lalulintas. Adanya tundaan tersebut sangat mempengaruhi efektivitas operasional *traffic light*. Selain itu, kondisi geometri simpang yang tidak simetris menimbulkan penambahan waktu bagi kendaraan dalam melewati persimpangan.

Berdasarkan masalah yang muncul pada simpang bersinyal Jalan Danau Kota Bengkulu maka perlu adanya penelitian. Secara garis besar penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai derajat kejenuhan, tingkat pelayanan simpang dan optimasi sinyal lalulintas.

2. TEORI

2.1 Pengertian Persimpangan

Persimpangan didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalulintas di dalamnya (Kishty dan Lall, 2005).

Putranto (2008) menjelaskan bahwa simpang merupakan pusat konflik, oleh sebab itu, pengelolaan simpang membutuhkan prediksi kapasitas akurat.

Tamin (2000), dalam rekayasa manajemen lalulintas dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu:

- a. Pemasangan dan perbaikan sistem lampu lalulintas secara terisolasi dan mengatur seluruh lampu lalulintas secara terpusat (*Area Traffic Control System*, ATCS).
- b. Perbaikan perencanaan sistem jaringan jalan yang ada, termasuk jaringan jalan kereta api, jalan raya dan bus untuk menunjang Sistem Angkutan Umum Transportasi Perkotaan Terpadu (SAUTPT).
- c. Penerapan manajemen transportasi, antara lain kebijakan perparkiran, perbaikan fasilitas pejalan kaki, dan jalur khusus bus.

2.2 Persimpangan dan Lampu Lalulintas

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM Nomor 14 Tahun 2006

membagi persimpangan menjadi 5 (lima) jenis yaitu simpang prioritas, bundaran lalulintas, perbaikan geometrik persimpangan, pengendalian persimpangan dengan alat pemberi isyarat lalulintas, dan persimpangan tidak sebidang.

Lampu lalulintas adalah suatu alat kontrol dengan menggunakan lampu yang terpasang pada persimpangan dengan tujuan untuk mengatur arus lalulintas. Cara pengoperasian menurut jenis kendali, lampu lalulintas terdiri dari (Suraji, 2008):

- a. *Fixed time traffic signal* yaitu pengoperasian lampu lalulintas dimana pengaturan waktunya tidak mengalami perubahan.
- b. *Actuated traffic signal* yaitu pengoperasian lampu lalulintas dimana pengaturan waktunya mengalami perubahan dari waktu ke waktu sesuai dengan kedatangan kendaraan dari berbagai pendekat/kaki simpang.

Pada umumnya sinyal lalulintas digunakan karena berbagai alasan antara lain (MKJI, 1997):

- a. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalulintas sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalulintas jam puncak.

- b. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
- c. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalulintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

2.3 Prosedur Optimasi Simpang Bersinyal

Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, prosedur optimasi simpang bersinyal secara lengkap diuraikan dalam bab 2 tentang Simpang Bersinyal. Berikut ini adalah point-point penting dalam optimasi simpang bersinyal yang diambil dari bab 2 tersebut.

- a. Arus Lalulintas

Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalulintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore. Arus lalulintas (Q) dihitung dengan rumus:

$$Q = QLV + (QHV \times empHV) + (QMC \times empMC) \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- Q: arus lalulintas
- QLV: arus kendaraan ringan
- QHV: arus kendaraan berat
- QMC: arus sepeda motor
- empHV: angka konversi dari kendaraan berat ke kendaraan ringan

empMC: angka konversi dari sepeda motor ke kendaraan ringan

b. Geometri

Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat lebar efektif (W_e) ditetapkan dengan mempertimbangkan denah dari bagian masuk dan keluar suatu simpang dan distribusi dari gerakan-gerakan membelok.

c. Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan meliputi kondisi lingkungan jalan, hambatan samping, kelandaian dan ada atau tidaknya median. Tipe lingkungan jalan terdiri dari lingkungan komersial, permukiman dan akses terbatas.

d. Arus jenuh dan faktor penyesuaian

Arus jenuh adalah besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam). Arus jenuh (*Saturated*, S) dihitung dengan rumus:

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_{gx} \times F_{px} \times F_{RTx} \times F_{LT} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

S : arus jenuh, S_0 : arus jenuh dasar

F_{cs} : faktor penyesuaian ukuran kota

F_{sf} : faktor penyesuaian hambatan samping

F_G : faktor penyesuaian kelandaian

F_p : faktor penyesuaian parkir

F_{RT} : faktor penyesuaian belok kanan

F_{LT} : faktor penyesuaian belok kiri

e. Rasio Arus

Rasio arus (*Flow Ratio*, FR) masing-masing pendekat dihitung dengan persamaan:

$$FR = Q / S \dots \dots \dots (3)$$

dimana: FR : rasio arus

Q : arus lalulintas (smp/jam)

S : arus jenuh (smp/jam)

f. Waktu Siklus

Waktu siklus (*Cycle*, c) dihitung dengan persamaan:

$$c = \text{Merah Semua} + \text{Merah} + \text{Kuning} + \text{Hijau} \dots \dots \dots (4)$$

g. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kapasitas (*Capacity*, C) adalah arus lalulintas maksimum yang dapat dipertahankan (smp/jam). Kapasitas dihitung dengan persamaan:

$$C = S \times (g / c) \dots \dots \dots (5)$$

Derajat kejenuhan (*Degree of Saturation*, DS) adalah rasio dari arus lalulintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Rumus mencari DS :

$$DS = Q / C \dots \dots \dots (6)$$

dimana: C : kapasitas, Q : arus lalu lintas, S : arus Jenuh (smp/jam)

g : waktu hijau (det)

c : waktu siklus (det)

DS : derajat kejenuhan

h. Perilaku Lalulintas

Terdiri atas Jumlah kendaraan antri, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

2.4 Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal

Ciri-ciri tingkat pelayanan berhubungan dengan tundaan terhenti tiap kendaraan terlihat pada Tabel 1. Tingkat pelayanan A terjadi jika gerak maju sangat menguntungkan dan kebanyakan kendaraan tidak berhenti sama sekali, panjang putaran pendek dapat juga mengurangi penundaan.

Tingkat pelayanan B terjadi dengan adanya gerak maju yang baik atau waktu putar pendek, kendaraan yang berhenti lebih banyak daripada tingkat pelayanan A, maka penundaan rata-rata lebih tinggi.

Tingkat pelayanan C, penundaan biasanya disebabkan karena gerak maju kendaraan sedang-sedang saja dan panjang putaran waktu lebih lama, jumlah kendaraan yang berhenti sudah cukup banyak walaupun beberapa diantaranya masih dapat melewati persimpangan tanpa henti.

Tingkat pelayanan D, pengaruh kemacetan mulai terlihat jelas, banyak kendaraan yang berhenti serta proporsi kendaraan yang tidak berhenti menurun. Tingkat pelayanan E dianggap sebagai batas penundaan yang masih dapat diterima, menunjukkan gerak maju yang tidak baik, waktu putaran yang panjang.

Tingkat pelayanan F sudah tidak dapat diterima oleh pengemudi dimana angka arus kedatangan melebihi kapasitas persimpangan jalan dan dapat

katakana keadaan lewat jenuh. (Mcshane dan Roess, 1990).

Terdapat dua karakteristik utama dari arus kendaraan yang melalui ruas jalan dan persimpangan, salah satunya ialah kapasitas (volume maksimum) yang dapat ditampung ruas jalan atau persimpangan. Apabila volume meningkat maka tingkat pelayanan menurun (Morlok, 1978).

Tabel 1 menjelaskan hubungan tundaan dengan tingkat pelayanan suatu simpang bersinyal yang dikutip dari *Highway Capacity Manual 1994*.

Tabel 1. Hubungan Tundaan dengan Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan Henti Tiap Kendaraan (det)
A	$\leq 5,0$
B	5,1-15
C	15,1-25
D	25,1-40
E	40,1-60
F	$\geq 60,1$

Sumber: Highway Capacity Manual, 1994.

3. METODOLOGI

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di simpang bersinyal yang memiliki 4 (empat) pendekat, pertemuan antara lengan Jalan Danau 01 (D01), Jalan Zainul Arifin (ZA), Jalan Danau 02 (D02) dan Jalan Jaya Wijaya Kota Bengkulu. Waktu penelitian dilaksanakan pada hari Senin dan Selasa pada jam sibuk yaitu saat pagi (06.45-08.45), siang (14.00-15.00)

dan sore (16.15-17.15) WIB. Kondisi ini diharapkan dapat mewakili hari-hari kerja dengan anggapan volume lalu lintas tiap harinya stabil.

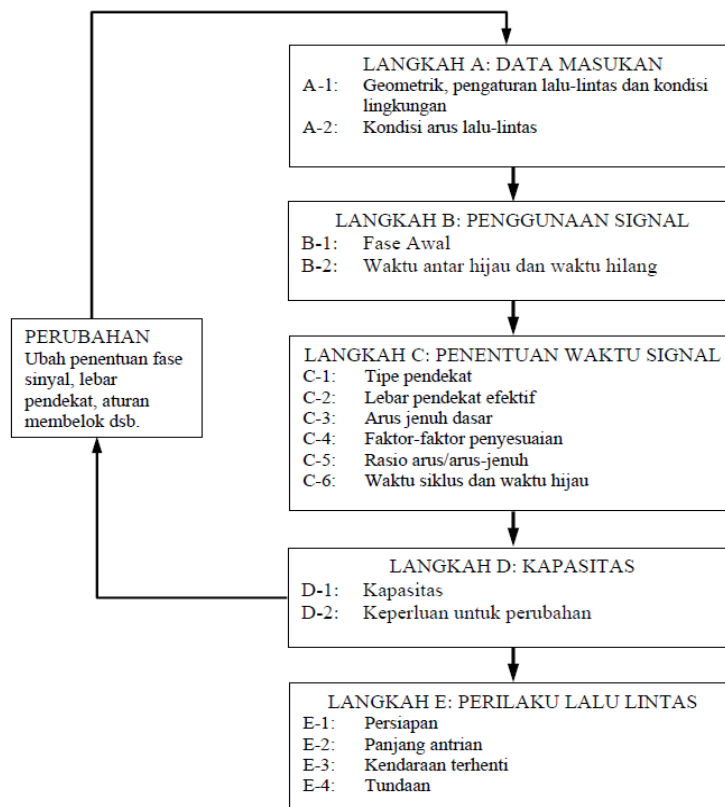
3.2 Tahapan Penelitian

Dari Survei lalu lintas didapat data volume dan distribusi kendaraan dengan cara pencatatan langsung kendaraan yang keluar dari tiap pendekat saat sinyal hijau untuk arah belok kiri, lurus, dan belok. Jika ada kendaraan yang melintas saat sinyal merah pada pendekat yang ditinjau maka dicatat sebagai kendaraan yang melanggar

peraturan. Survei kondisi geometrik didapatkan lebar pendekat, rambu lalu lintas, *setting traffic light*.

3.3 Pengolahan dan Perhitungan Data

Pengolahan dan perhitungan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997, yang meliputi volume lalu lintas jam puncak, komposisi lalu lintas, sinyalisasi dan optimasi *traffic light*. Bagan alir dalam Gambar 1 berikut adalah prosedur Analisa simpang bersinyal menurut MKJI 1997.



Gambar 1 Bagan Alir Analisa Simpang Bersinyal

Sumber: MKJI 1997

4. PEMBAHASAN

4.1 Geometri Simpang

Hasil survai menunjukkan bahwa kondisi simpang bersinyal Jalan Danau Kota Bengkulu memiliki lengan simpang yang tidak simetris. Tiap lengan tidak memiliki median, tanpa LTOR (*Left Turn On Red*)/larangan belok kiri saat sinyal merah. Tipe lingkungan jalan pada persimpangan termasuk daerah permukiman (RES), umumnya berdiri bangunan rumah penduduk dan beberapa toko kecil.

4.2 Arus Lalu-Lintas Simpang

Hasil survai lalu lintas dapat diketahui bahwa ruas jalan yang paling ramai dilalui kendaraan bermotor yaitu Jalan Zainul Arifin (43,08 %), Jalan Danau 01 (25,22 %), Jalan Danau 02 (20,91 %) dan Jalan Jaya Wijaya (10,79 %). Sepeda motor (MC) dan kendaraan ringan (LV) mendominasi pergerakan kendaraan pada simpang tersebut.

4.3 Waktu Sinyal Lalu lintas

Tipe pengaturan sinyal lalu lintas dengan sistem waktu tetap (*fixed time operation*). Pengaturan model *fixed time operation* menerapkan sistem waktu siklus yang sama panjang baik pada kondisi arus padat maupun arus normal. Jumlah pengaturan menggunakan pola empat fase, dimana setiap pendekat memperoleh satu kali hak jalan.

4.4 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (*Degree of Saturation, DS*) adalah rasio dari arus lalu lintas (*Q*) terhadap kapasitas (*C*) untuk suatu pendekat. Nilai *DS*, *Q* dan *C* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Derajat Kejenuhan

Kode Pendekat	Q, smp/jam	C, smp/jam	DS
D01	315,6	329,2	0,96
ZA	539,0	380,1	1,42
D04	261,6	289,1	0,90
JW	135,0	187,2	0,72

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa nilai derajat kejenuhan Jalan Danau 01, Jalan Zainul Arifin dan Jalan Danau 02 melebihi 0,75 sedangkan Jalan Jaya Wijaya masih dibawah 0,75. Menurut MKJI 1997, bahwa rencana dan bentuk pengaturan lalu lintas pada simpang harus dengan tujuan memastikan derajat kejenuhan tidak melebihi nilai yang dapat diterima (0,75). Untuk memperoleh nilai derajat kejenuhan $\leq 0,75$ maka kapasitas simpang harus ditambah. MKJI 1997 menjelaskan bahwa penambahan kapasitas dapat dilakukan dengan beberapa tindakan yaitu, penambahan lebar pendekat, perubahan fase sinyal dan pelarangan gerakan belok kanan.

4.5 Tingkat Pelayanan Simpang

Penilaian tingkat pelayanan simpang ditinjau dari jumlah antrian

(NQ), panjang antrian (QL), jumlah kendaraan terhenti (N_{SV}) dan tundaan (D) yang terdapat pada tiap pendekatnya. Adapun tingkat pelayanan

simpang bersinyal Jalan Danau 01, Jalan Zainul Arifin, Jalan Danau 02 dan Jaya Wijaya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tingkat Pelayanan Simping

Kode Pendekat	Jumlah Kendaraan Antri (smp/jam)			Panjang Antrian (QL)(m)	Jumlah Kendaraan Terhenti	Tundaan (det/smp)	Tingkat Pelayanan
	NQ ₁	NQ ₂	NQ				
D01	5,9	9,6	15,5	103,5	453,5	28,4	D
ZA	81,5	18,9	100,4	627,8	2932,4	357,8	F
D02	3,4	7,9	11,3	70,6	330,0	19,1	C
JW	0,7	3,9	4,7	33,9	138,8	7,0	B

4.6 Optimasi Sinyal LaluLintas

Kondisi operasional simpang yang dikehendaki dalam sistem manajemen pengaturan lalu lintas setidaknya-tidaknya berada pada tingkat pelayanan C. Pada tingkat pelayanan C terjadinya penundaan biasanya disebabkan karena gerak maju kendaraan sedang-sedang saja dan panjang putaran waktu lebih lama, jumlah kendaraan yang berhenti sudah cukup banyak walaupun beberapa diantaranya masih dapat melewati persimpangan tanpa henti.

Dengan melihat data pada Tabel 3 perlu dilakukan optimasi pengaturan waktu sinyal melalui langkah perbaikan geometri simpang. Perbaikan geometri yang dimaksud adalah penambahan lebar jalan pada semua lengan simpang, pembuatan marka jalan dan garis penyeberangan. Penentuan tambahan lebar jalan dilakukan dengan cara coba-coba agar nilai derajat kejenuhan (DS)

yang dihasilkan pada masing-masing pendekat simpang tidak melebihi 0,75 sehingga penambahan lebar jalan meningkatkan kapasitas simpang. Jalan Danau 01 diperlebar 3 meter sebelah kiri, Jalan Zainul Arifin diperlebar 1,8 meter sebelah kiri dan 1,8 meter sebelah kanan, Jalan Danau 02 diperlebar 1,8 meter sebelah kanan dan Jalan Jaya Wijaya diperlebar 1,5 meter sebelah kiri.

Hasil optimasi simpang berupa pengaturan waktu sinyal, derajat kejenuhan dan tingkat pelayanan disajikan dalam Tabel 4 dan Tabel 5.

Berdasarkan informasi dalam Tabel 4 dan Tabel 5 dapat dinyatakan bahwa nilai tundaan yang rendah membuktikan bahwa optimasi sinyal lalu lintas dengan langkah perbaikan geometri mampu mempertahankan $DS \leq 0,75$ dan memperbaiki tingkat pelayanan Simping Bersinyal Jalan Danau Kota Bengkulu.

Tabel 4. Pengaturan Waktu Sinyal Hasil Optimasi

Kode Pendekat	Kondisi Sebelum Pelebaran					Setelah Pelebaran				
	M (det)	H (det)	K (det)	MS (det)	Siklus (det)	M (det)	H (det)	K (det)	MS (det)	Siklus (det)
D01	79	25	3	4	111	58	15	3	3	79
ZA	80	25	3	3	111	53	22	3	1	79
D02	84	20	3	4	111	59	14	3	3	79
JW	90	15	3	3	111	67	8	3	1	79
Waktu Hilang (LTI)= 26 detik						Waktu Hilang (LTI)= 20 detik				

Tabel 5. Tingkat Pelayanan Simbang Hasil Optimasi

Kode Pendekat	Jumlah Kendaraan Antri (smp/jam)			Panjang Antrian, QL (m)	Jumlah Kendaraan Terhenti	Tundaan, det/smp	C, smp/jam	DS	Tingkat Pelayanan
	NQ ₁	NQ ₂	NQ						
D01	0,9	6,4	7,3	32,8	303,3	10,1	423,3	0,75	B
ZA	1,0	11,0	11,9	47,8	490,8	15,9	722,9	0,75	C
D02	0,9	5,4	6,3	31,8	261,7	9,2	350,9	0,75	B
JW	0,9	2,8	3,7	21,5	154,9	6,0	181,0	0,75	B

4.7 Prilaku Pengguna Jalan

Banyak pengguna jalan khususnya pengendara sepeda motor menerobos belok kiri saat pendekat/lengan simpang bersangkutan mendapat giliran sinyal merah. Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 pasal 112 ayat 3 menyatakan bahwa pada persimpangan jalan yang dilengkapi Alat Pemberi Isyarat Lalulintas (APIL) pengemudi kendaraan dilarang langsung berbelok kiri, kecuali ditentukan lain oleh rambu lalulintas.

Jumlah kendaraan yang melanggar peraturan larangan belok kiri mencapai 30%. Kondisi ini mengharuskan rambu larangan belok kiri perlu dibuat pada semua lengan simpang agar pengguna jalan memahami tentang

peraturan larangan belok kiri saat sinyal merah.

5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Simpang bersinyal pada Jalan Danau 01 memiliki derajat kejenuhan (DS) 0,96 dengan tingkat pelayanan (LOS) D. Jalan Zainul Arifin memiliki DS 1,42 dengan LOS F. Jalan Danau 02 memiliki DS 0,90 dengan LOS C. Jalan Jaya Wijaya memiliki DS 0,72 dengan LOS B.
2. Optimasi sinyal lalulintas dengan cara penambahan lebar jalan pada semua lengan simpang menghasilkan

DS 0,75 dengan LOS B untuk Jalan Danau 01, DS 0,75 dengan LOS C untuk Jalan Zainul Arifin, DS 0,75 dengan LOS B untuk Jalan Danau 02 dan DS 0,75 dengan LOS B untuk Jalan Jaya Wijaya.

5.2 Saran

1. Perlu adanya perbaikan geometrik simpang berupa pelebaran pada mulut pendekat Jalan Danau 01 sebesar 3 m sebelah kiri, Jalan Zainul Arifin diperlebar 1,8 m sebelah kiri dan 1,8 m sebelah kanan, Jalan Danau 02 diperlebar 1,8 m sebelah kanan dan Jalan Jaya Wijaya diperlebar 1,5 m sebelah kiri.
2. Disarankan untuk membuat marka jalan, garis penyeberangan dan memasang rambu larangan belok kiri saat sinyal merah pada semua lengan simpang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, **No 036/T/BM/1997: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)**, Bina Karya, Jakarta.
- [2]. Khisty, C.J dan Kent, L. 2005. **Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi**, Erlangga, Jakarta.
- [3]. Mcshane, W.R., dan Roess, R.P., 1990, **Traffic Engineering**, Prentice-Hall, New Jersey.
- [4]. Morlok, E.K., 1978, **Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi**, Erlangga, Jakarta.
- [5]. Peraturan Menteri Perhubungan No KM 14 Tahun 2006 Tentang **Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan**, Biro Hukum dan KSLN, Jakarta.
- [6]. Putranto, L.S., 2008, **Rekayasa Lalu Lintas**, Macanan Jaya Cemerlang, Jakarta.
- [7]. Suraji, A., 2008, **Rekayasa Lalu Lintas**, Universitas Widya Gama, Malang.
- [8]. Tamin, O. Z., 2000, **Perencanaan dan Pemodelan Transportasi**, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [9]. Transportation Research Board, 1994, **Highway Capacity Manual**, Special Report No. 209, Third Edition, Washington D.C., U.S.A.
- [10]. Undang-undang No 22 Tahun 2009 Tentang **Lalu Lintas dan Angkutan Jalan**, 22 Juni 2009, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 96, Jakarta.

Pengaruh Nilai Kekasaran Permukaan Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton

Mawardi

Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Bengkulu
Jl. W. R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp (0736)344087, Ext. 337
E-mail : mawardi001@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this research was to find out the influence of surface cruduity value of coarse aggregater to pressure strength of concrete. The water ratio that aplicated was 0,5. The percentation of surface cruduity value were 100%, 50%, and 0% of the specimen. 9 cylinders of 150 x 300 mm specimens had been tested. It was showed the surface cruduity value to the concrete cause the strengths gettinglower as the percentation getting smaller (average 12 %).

Keywords: surface cruduity value, concrete presure strength

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan konstruksi yang sudah umum dan banyak digunakan dalam dunia struktur bangunan. Beton merupakan campuran dari air, agregat halus, agregat kasar dan semen yang mengalami proses hidrasi. Material beton mempunyai banyak keunggulan, antara lain kuat tekan beton tinggi, bahannya mudah diperoleh baik dipasar maupun pada alam, mudah dicetak, tahan terhadap karat, terhadap aus, terhadap kebakaran. Beton juga mempunyai kelemahan, kelemahan beton adalah beton mempunyai kuat tarik yang rendah, nilai kuat tariknya 9%-15% dari kuat tekannya (Mulyono, 2003).

Pada sungai-sungai di Provinsi Bengkulu mempunyai potensi yang cukup besar kandungan kerikil bulat, potensi ini belum termanfaatkan secara maksimal. Secara umum agregat kasar untuk pembuatan beton dibuat dari batu yang dipecah/split, namun demikian di Bengkulu pada umumnya

karena kurangnya mesin pemecah batu, dan sulitnya mencari tenaga kerja sebagai pemecah batu, maka biasanya agregat kasar untuk pembuatan beton digunakan kerikil bulat yang diambil langsung dari sungai dan tanpa dipecah.

Berbagai usaha dilakukan untuk meneliti agregat halus dan agregat kasar pada beton, sehingga dapat diperoleh beton dengan kualitas baik namun material penyusun beton tersebut harganya murah. Karena kekuatan beton tergantung pada kekuatan agregat halus dan agregat kasarnya.

Mengingat potensi kerikil bulat yang cukup besar di provinsi Bengkulu maka, pemanfaatan kerikil bulat secara langsung sebagai agregat kasar pada campuran beton diharapkan memperoleh harga beton yang murah. Pada penelitian ini diteliti model kuat tekan beton: beton menggunakan split dengan bidang pecah penuh, beton dengan agragat kasar satu bidang pecah, beton dengan menggunakan aregat kasar berupa kerikil bulat. Split dengan bidang pecah seluruh

permukaanya diasumsikan kekasaran agregat 100%, Split dengan satu bidang pecah diasumsikan kekasaran 50%, dan kerikil bulat diasumsikan kekasarannya 0%.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah material yang dibuat dari campuran agregat halus, agregat kasar, air dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah lain (SK.SNI T-15-1990-03:1). Bila adukan campuran beton dituangkan ke dalam cetakan dan kemudian didiamkan, maka adukan beton tersebut akan menjadi keras seperti batuan. Proses pengerasan ini terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu. Hal ini yang menyebabkan kekerasan beton terus bertambah sejalan dengan bertambahnya waktu (Tjokrodinuljo, 1996).

2.1 Agregat halus dan agregat kasar

Agregat dapat dibedakan menurut ukuran butirnya dan terbagi menjadi agregat kasar/kerikil (*coarse aggregate*) dan agregat halus/pasir (*fine aggregate*). Analisa saringan dilakukan dengan melewati agregat yang telah dikeringkan melewati sederetan susunan ayakan/satu set saringan standar ASTM-79 yang disesuaikan dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI 1971 NI-2), dengan ukuran ayakan sebagai berikut : 31,5 ; 19,1 ; 9,52 ; 4,76 ; 2,38 ; 1,19 ; 0,59 ; 0,29 ; dan 0,149 mm.

Metode yang digunakan ASTM C-136-76.

Agregat halus dan agregat kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. Agregat menempati 70% sampai dengan 75% dari volume beton, sehingga karakteristik dan sifat dari agregat memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas dan sifat-sifat beton (Nugraha, 2007).

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Jenis Agregat

Hampir semua faktor yang berkenaan dengan kelayakan suatu agregat endapan (*quarry*) berhubungan dengan sejarah geologi dari daerah sekitarnya. Proses geologis yang membentuk suatu *quarry* atau modifikasi

yang berurutan, menentukan ukuran, bentuk, lokasi, jenis, keadaan dari batuan, serta gradasi, dan sejumlah faktor lainnya. Agregat dapat dibedakan atas dua jenis yaitu: agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan buatan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi) dan tekstur permukaannya.

Menurut Dipohusodo, 1999, Jenis Agregat Berdasarkan Bentuknya, secara alamiah bentuk agregat dipengaruhi oleh proses geologi batuan. Setelah dilakukan penambangan, bentuk agregat dipengaruhi oleh teknik penambangan yang dilakukan, dapat berupa dengan cara peledakan ataupun dengan mesin pemecah batu. Jika dikonsolidasikan butiran yang berat akan menghasilkan campuran beton yang lebih baik jika dibandingkan dengan butiran yang pipih. Penggunaan pasata semennya akan lebih ekonomis. Bentuk-bentuk agregat ini lebih banyak berpengaruh terhadap sifat pengerjaan pada beton secara (*fresh concrete*). Test standar yang dapat dipergunakan dalam menentukan bentuk agregat ini adalah ASTM D-3398.

Menurut Nugroho, 2007, Klasifikasi agregat berdasarkan bentuknya adalah sebagai berikut: Jenis

Agregat Berdasarkan Tekstur Permukaan. Ukuran susunan agregat tergantung dari kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan dan besarnya gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang telah membuat licin atau kasar permukaan tersebut. Secara umum susunan permukaan ini sangat berpengaruh pada kemudahan pekerjaan. Semakin licin permukaan agregat akan semakin sulit beton untuk dikerjakan. Umumnya jenis agregat dengan permukaan kasar lebih disukai.

Jenis agragat berdasarkan tekstur permukaannya dapat dibedakan sebagai berikut: Agregat licin / halus (*glassy*). Agregat jenis ini lebih sedikit membutuhkan air dibandingkan dengan agregat dengan permukaan kasar. Dari hasil penelitian, kekasaran agregat akan menambah kekuatan gesekan antara pasta semen dengan permukaan butiran agregat sehingga beton yang menggunakan agragat ini cenderung mutunya lebih rendah. Agregat licin terbentuk dari akbat pengikisan oleh air, atau akibat patahnya batuan (*rocks*) berbutir halus atau batuan yang berlapis - lapis.

- a. Berbutir (*granular*), pecahan agregat jenis ini berbentuk bulat dan seragam.
- b. Kasar, pecahannya kasar dapat terdiri dari batuan berbutir halus atau kasar

yang mengandung bahan - bahan berkristal yang tidak dapat terlihat dengan jelas melalui pemeriksaan visual.

- c. Kristalin (Cristalline), agregat jenis ini mengandung Kristal-kristal yang tampak dengan jelas melalui pemeriksaan visual.
- d. Berbentuk sarang lebah (*honey combs*), Tampak dengan jelas pori-porinya dan rongga-rongganya. Melalui pemeriksaan visual kita dapat melihat lubang-lubang pada batuananya (Nugraha, 2003)

2.2 Kuat Tekan Beton

Dipohusodo (1999) menyebutkan bahwa ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton seperti: ukuran dan bentuk agregat, jumlah pemakaian semen, jumlah pemakaian air, proporsi campuran beton, perawatan beton (*curing*), usia beton, ukuran dan bentuk sampel. Penghitungan kuat tekan beton menurut ASTM C 293-02. kekuatan tekan benda uji beton dihitung dengan formula :

$$f_c' = P/A \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

f_c' : kekuatan tekan (kg/cm²)

P : beban tekan (kg)

A : luas permukaan benda uji (cm²)

1.4 Pola retak balok beton

Menurut Ujjianto (2008), retak-retak struktur pada balok memiliki pola vertikal

atau diagonal, selain itu terdapat juga pola retak-retak rambut. Keretakan balok beton dapat dikategorikan menjadi retak struktur yang terdiri dari : retak lentur, retak geser dan retak rambut. Jenis retak dapat diketahui dari pola retaknya sebagai berikut

- a. Retak lentur adalah retak yang memiliki pola vertikal/tegak yang disebabkan karena tidak kuat menahan momen lentur
- b. Retak geser adalah retak yang memiliki pola diagonal/miring yang disebabkan karena tidak kuat menahan gaya geser.
- c. Retak rambut/retak-retak kecil, banyak disebabkan oleh pengaruh lingkungan. Umumnya terjadi karena balok mengalami pengeringan yang cepat, (balok terkena sinar matahari dan hujan).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini membuat model dan meneliti model kuat tekan beton. Model beton sebagai berikut : beton menggunakan split dengan bidang pecah penuh (*full* bidang pecah), beton dengan agregat kasar satu bidang pecah, beton dengan menggunakan agregat kasar berupa kerikil bulat. Split dengan bidang pecah seluruh permukaannya diasumsikan kekasaran agregat 100%, Split dengan satu bidang pecah diasumsikan kekasaran 50%, dan kerikil bulat diasumsikan kekasarannya 0%.

Perencanaan campuran adukan beton dilakukan mengikuti standar SK SNI-T-15-1990-03 dengan faktor air semen (FAS) 0,5 berdasarkan SNI-03-2847-2002 dan nilai *slump* 30-60 mm. Pengujian dan

penghitungan kuat tekan beton disesuaikan dengan ASTM C 293-02.

Benda uji yang digunakan untuk uji kuat lentur adalah 9 buah silinder berukuran tinggi 150 x 300 mm. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.

3.1 Material penelitian

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji:

1. Agregat kasar 3 macam : kerikil pecah (*split*) full bidang pecah, kerikil pecah dengan satu bidang pecah, dan kerikil bulat langsung dari sungai tanpa proses



Agregat kasar/*Split full* bidang pecah



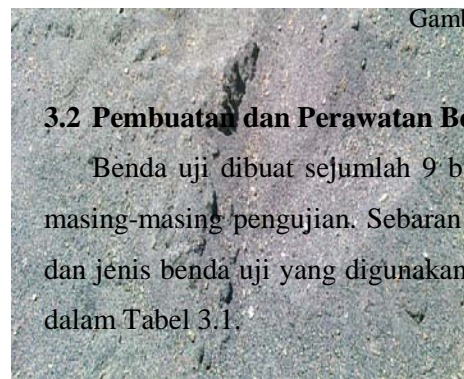
pemecahan, asal material ini dari daerah Bengkulu Utara.

2. Agregat halus (pasir) dari daerah Curup Bengkulu.
3. Air bersih dan layak minum dari Laboratorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Universitas Bengkulu.
4. Semen tipe I, merk Semen Padang.

Seluruh material yang digunakan dalam pembuatan benda uji, diuji terlebih dahulu berdasarkan persyaratan yang tercantum dalam SNI 03-1969-1990. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui layak atau tidaknya material tersebut digunakan sebagai bahan pembuat beton. Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Air

Job mix: A



Gambar 3.1 Bahan adukan beton

3.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Benda uji dibuat sejumlah 9 buah untuk masing-masing pengujian. Sebaran benda uji dan jenis benda uji yang digunakan disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sebaran benda uji

Jenis Pengujian (Benda Uji)	Nilai kekasaran agregat kasar (%)			Jumlah sampel
	100	50	0	
Kuat tekan (silinder 150x300 mm)	3	3	3	9

Perencanaan campuran beton dilakukan menurut standar SK SNI-T-15-1990-03 dengan faktor air semen (FAS) 0,5 dan nilai *slump* 30-60 mm. *Slump test* dilakukan menggunakan kerucut Abrams.

Benda uji tersebut dicetak dengan cara menuang adukan beton segar ke dalam cetakan silinder. Benda uji silinder dibagi dalam 3 lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan cara ditusuk sebanyak 25 kali. Benda uji yang sudah dicetak didiamkan selama 24 jam dan diletakkan di tempat yang terlindung. Setelah 24 jam benda uji dilepas dari cetakan, diberi identitas dengan spidol

kemudian direndam dalam air sampai sehari sebelum dilakukan pengujian.

3.3 Pengujian kuat tarik beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap 9 benda uji silinder beton pada umur 28 hari. Benda uji terdiri dari 3 buah untuk setiap komposisi. Pengujian ini menggunakan mesin uji tekan *Universal Compression Testing Machine*. Pengujian dilakukan dengan menekan benda uji yang diletakkan tepat di tengah plat penekan. Mesin uji tekan dinaikkan secara berangsur-angsur sampai benda uji retak atau hancur.



Proses pencetakan beton



Sampel beton yang sudah dicetak



Pemeliharaan sampel



Set-up pengujian tekan beton

Gambar 3.1 Bahan adukan beton

3.5 Pengolahan Data

Data penelitian ini dianalisa berdasarkan kuat tekan beton rata-rata. Data hasil pengujian kuat tekan beton dihitung berdasarkan pada rumus 2.1. Pengolahan

data menggunakan statistik rata-rata, dan standar deviasi, analisis regresi linier.

4. Hasil dan Pembahasan

Seluruh bahan yang digunakan memenuhi peraturan yang berlaku. Uraian sifat dan karakteristik agregat yang digunakan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Sifat dan karakteristik bahan penyusun beton

No	Jenis Pengujian	Agregat Halus	Agregat Kasar
1	Berat jenis ssd (kg/m^3)	2,578	2,685
2	Berat jenis od (kg/m^3)	2,524	2,675
3	Absorpsi (%)	2,160	0,368
4	Kadar air (%)	0,980	1,905
5	Kadar lumpur (%)	1,323	0,385
6	MHB	1,918	6,876
7	Berat isi (kg/m^3)	1432,266	1568,966

Mix Design

Perhitungan *mix design* dilakukan mengikuti standar SK. SNI T-15-1990-03 tentang tata cara pembuatan rencana

campuran beton dengan agregat kasar split (full bidang pecah). Campuran beton dengan agregat kasar split (full bidang pecah) dengan fas 0,5 dan slump rencana 30-60 mm diperoleh dengan perbandingan berat semen, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (split) sebesar 1 : 1,454 : 3,488. *Mix design* beton ini digunakan untuk seluruh benda uji : beton dengan 3 jenis agregat kasar: agregat kasar dengan kekasaran 100%, 50%, dan 0%. seluruh benda uji.

3.3 Kuat Tekan Beton

Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.2,

Tabel 4.2. Tabel kuat tekan beton umur 28 hari

Kuat Tekan Beton (MPa) Umur 28 Hari							
No	Kode	Sampel			Jumlah ($\sum f_c$)	Rata-rata ($\sum f_{crt}$)	Standar Deviasi S
		1	2	3			
1	Beton dengan kekasaran agregat 100%	31,7056	32,8379	30,5732	95,1168	31,7056	2,6690
2	Beton dengan kekasaran agregat 50%	27,7424	27,6858	27,7990	83,2272	27,7424	0,1334
3	Beton dengan kekasaran agregat 0%	24,2887	24,3454	24,4020	73,0361	24,3454	2,5355

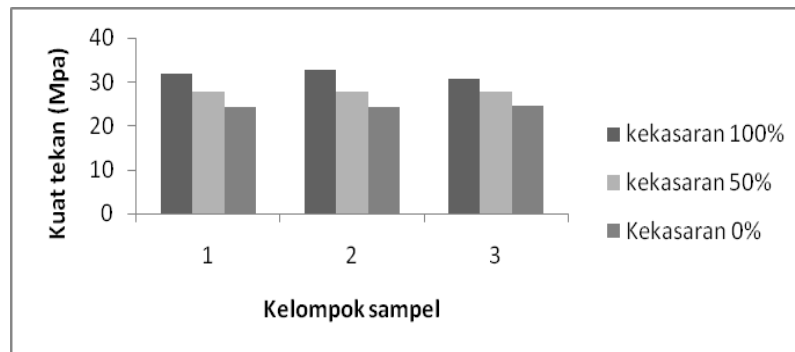
Tabel 4.2 memperlihatkan terjadi penurunan nilai kuat tekan beton seiring penggantian agregat kasar dari beton dengan kekasaran agregatnya 100%, ke-beton dengan

kekasaran agregatnya 50%, dan ke-beton dengan kekasaran agregatnya 0%.

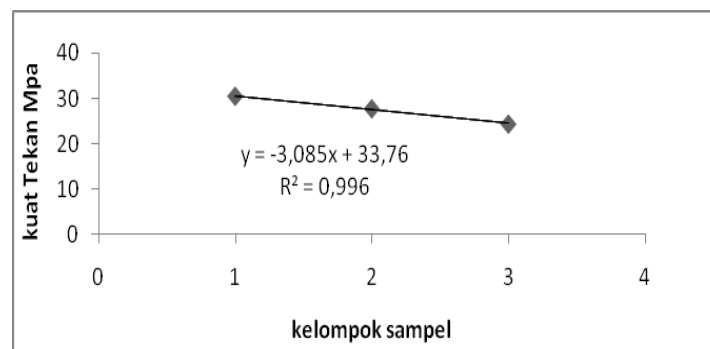
Penurunan kuat tekan beton terhadap beton dengan kekasaran agregatnya 100%, rata-rata penurunan mencapai 12,37%.

Hubungan kuat tekan dengan kekasaran permukaan agregat kasar, disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.1. Trend dari

Hubungan kuat tekan dengan kekasaran permukaan agregat kasar pada Gambar 4.2



Gambar 4.1 Grafik hubungan kuat tekan dengan kekasaran permukaan agregat kasar beton.



Gambar 4.2 Trend regresi linier dari Hubungan kuat tekan dengan kekasaran permukaan agregat kasar

Berdasarkan gambar 4.1 dan gambar 4.2 diperoleh :

1. Beton dengan agregat kasar dengan kekasaran permukaan agregat kasar 100% mempunyai kuat tekan yang lebih besar dari model beton dengan agregat kasar dengan kekasaran permukaan agregat kasar 50% dan 0%
2. Model beton dengan agregat kasar dengan kekasaran permukaan agregat kasar 50% mempunyai kuat tekan yang lebih besar dari model beton dengan agregat kasar dengan kekasaran permukaan agregat kasar 0%

3. Hasil pengujian kuat tekan beton sampel : beton normal kekasaran permukaan agregat kasar 100% rata-rata = 31,70 Mpa, beton dengan kekasaran agregat kasar 50% rata-rata = 27,74 Mpa, sampel beton dengan kekasaran agregat kasar 0% rata-rata = 24,36 Mpa. Tren penurunan kuat tekan rata-rata = 12,37%, Persamaan regresi $y = -3,085x + 33,76$, dengan $R^2 = 0,996$. Trend penurunan kuat tekan pada beton yang menggunakan agregat kasar berupa kerikil bulat, hal ini dikarenakan kuat geser betonnya turun, kuat geser turun disebabkan ikatan adukan beton (pasir,

semen, air) dengan permukaan kerikil bulat kurang kuat (permukaan agregat kasar = licin)

4.4 Pola retak beton

Pengamatan yang dilakukan terhadap pola retak yang terjadi pada sampel beton, memperlihatkan kecenderungan retak diagonal/miring retak geser.

5.KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan disimpulkan :

Kesimpulan : Kerikil bulat yang digunakan untuk sebagai agregat kasar pada beton dapat menurunkan kuat tekan beton 12 %. Untuk menggunakan kerikil bulat sebagai agregat kasar harus dilakukan pembuatan job mix ulang. Saran : Perlunya penelitian selanjutnya dengan FAS yang berbeda sehingga dapat di peroleh FAS yang optimum pada beton dengan agregat kerikil bulat/tanpa dipecah

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1971, Peraturan Beton bertulang Indonesia 1971 NI-2, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Jakarta.
2. Annual Book of American Society for Testing of Material Standars, 2002, *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)*¹, New York.
3. Annual Book of American Society for Testing of Material Standars, 2003, *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*¹, New York.
4. Anonim, 1989, *Standar SK SNI M-12-1989-F, Metode Pengujian Slump Beton*. LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
5. Anonim, 1989, *Standar SK SNI M-14-1989-F, Metode Pengujian Kuat Tekan*, LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
6. Anonim, 1990, *Standar SK SNI T-15-1990-0, Pembuatan Campuran Beton Normal*, LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
7. Dipohusodo, I., 1999, *Struktur Beton Bertulang*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
8. Mulyono, T., 2003, *Teknologi Beton*, FT. Universitas Negeri Jakarta, Jakarta.
9. Nugraha, P., 2007, *Teknologi Beton*, CV Andi Offset: Yogyakarta.
10. SNI 1972:2008, *Cara Uji Slump Beton*, BSN.
11. SNI 03-2847:2002, *Pembuatan Campuran Beton Normal*, BSN.
12. Tjokrodimuljo, K., 1996., *Analisis Struktur*, FT. UGM, Yogyakarta.

PERANCANGAN ALAT PEMBERIAN PAKAN AYAM KAMPUNG OTOMATIS BAGI PETERNAK BERSKALA KECIL

Faisal Hadi [1], Reza Satria Rinaldi [2], Afit Miranto [3]

[1] Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

[2] Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

[3] Alumni Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jl. Raya Kandang Limun, Bengkulu, Telp (0736)21170

Email: hadi_faisal@yahoo.com

ABSTRACT

The purpose of this study is to help small farmers in regulating feeding livestock automatically scheduled and more efficient. This system design using microcontroller ATmega853, the timing of the RTC DS1307 and sensor load cell. Test results show the system works quite well with the active timing at 09.00 and 16.00 with a sensor error percentage 0% -2.837%. Error percentage rate obtained in the weighing of materials is between 1.37% -27.18% for corn material, 1.12% -17.14% for materials bran and 3.00% - 32.58% for the concentrate material. Performance of the best tools on the condition that the number of feeding chickens on average to 20 chickens are 1.12% and the worst performance tool that is on the condition the number of feeding 3 chickens is 32.58%. The use of power tools is feeding chickens on average 14.13 watts to 42.72 watts.

Keywords: Automated System, Chicken Feed, load cell, Microcontroller, RTC DS1307

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem kontrol otomatis dalam kehidupan sehari-hari dapat menggantikan dan meringankan tugas manusia dari sistem yang manual serta sistem yang otomatis dapat memungkinkan kerja dengan hasil yang optimal dan sistem yang dinamis [1].

Penyediaan ransum atau pakan ayam sangat penting untuk pertumbuhan, perkembangan dan kualitas ayam khususnya bagi ayam kampung. Hal ini penting karena tidak terdapatnya jenis

pakan khusus untuk pakan ayam kampung. [2].

Dengan adanya kemajuan dalam bidang teknologi ini, maka manusia tidak perlu banyak melibatkan pekerjaan maka dibuat alat dalam memudahkan kerja manusia ini yaitu alat pemberian pakan ayam ternak otomatis [3].

2. TEORI

Atmojo (2009) dalam penelitiannya merancang alat kendali jarak jauh menggunakan *handphone* untuk pemberian pakan ayam. Pada penelitian tersebut menggunakan sensor phototransistor untuk mendeteksi makanan pada wadah makanan ayam. Dari hasil percobaan diperoleh jika

keadaan wadah kosong maka *handphone* yang berada pada alat akan mengirim pesan berupa teks “makanan habis” kepada *handphone* peternak. Kemudian peternak mengirim pesan berupa teks “kasih makan” [3]. Kelemahan sistem ini adalah pemberian pakan tidak terjadwal karena sistem memberikan pesan berdasarkan dari ada atau tidaknya pakan didalam wadah pakan yang terdapat didalam kandang ayam tersebut.

Kadaffi (2011) dalam penelitiannya merancang alat yang mampu memberikan makan burung puyuh secara otomatis dan berjalan secara *realtime*. Sistem ini mengacu pada pewaktuan di RTC DS1307 dengan rentang waktu pemberian pakan dua kali sehari. Mekanisme pemindahan telur otomatis sebanyak 90 butir dengan waktu 10,343 menit sehingga mempermudah dalam proses distribusi telur [4]. Dari hasil penelitian ini sistem berjalan berdasarkan waktu yang telah ditetapkan namun dalam pemberian pakan tidak diketahui berapa persentase pemberian pakan berdasarkan kebutuhan ternak tersebut.

Setyadjit dkk (2007) merancang pemberian pakan ayam otomatis berbasis *fuzzylogic* dengan menggunakan sensor *loadcell* [5]. Pada Penelitian ini sistem hanya mengontrol banyaknya jumlah bahan yang dicampur dan didistribusikan melalui sistem *konveyor*, namun tidak dikontrol untuk penjadwalan pemberian pakan secara otomatis.

Nugroho dkk (2011) merancang alat pemberian pakan ikan di aquarium menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai pusat kontrol sensor. Dari hasil pengujian didapati bahwa sistem penjadwalan berhasil dengan tingkat keberhasilan 70% sedangkan untuk sensor kejernihan nilai ADC

yang didapat untuk tingkat kejernihan dapat berfungsi sebagaimana mestinya [6].

2.1 Kebutuhan Nutrisi Ayam Kampung

Penyediaan ransum atau pakan ayam sangat penting untuk pertumbuhan, perkembangan dan kualitas ayam khususnya bagi ayam kampung hal ini penting karena pakan merupakan merupakan sumber energi sehingga ternak dapat hidup tumbuh dan bereproduksi dengan baik.

Ransum adalah campuran bahan-bahan pakan yang merupakan perpaduan antara sumber nabati dan hewani, karena tidak ada satupun jenis bahan pakan yang sempurna kandungan gizinya. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan gizi ayam dibutuhkan campuran bahan nabati dan hewani [2].

Kebutuhan nutrisi setiap fase pertumbuhan atau setiap umur ayam kampung berbeda-beda diantaranya adalah seperti pada Tabel 1

Tabel 1: Kebutuhan nutrisi untuk ayam kampung berdasarkan umur [2]

Uraian	Umur (minggu)		
	1-8	9-20	>20
Energi Metabolisme (kkal/kg)	2600	2400	2400 – 2600
Protein kasar (%)	15 – 17	14	14
Kalsium (%)	0,90	1,00	3,40
Fosfor (%)	0,45	0,45	0,34
Metionin (%)	0,37	0,21	0,22 – 0,3
Lisin (%)	0,87	0,45	0,68

Tabel 2 merupakan tabel nutrisi beberapa bahan pakan yang biasa digunakan. Untuk pakan yang perlu mencampur dan

meramu sendiri ada hal yang perlu diperhatikan supaya kandungan nutrisi sesuai dengan yang dibutuhkan oleh ayam kampung berdasarkan fase pemeliharaan.

Tabel 3 Kandungan nutrisi beberapa bahan pakan unggas [2]

Bahan baku	Protein (%)	Energi (kkal/kg)
Bekatul	12	2860
Bungkil kedelai	48	2240
Bungkil kelapa	21	1540
Jagung kuning	8,6	3370
Layer konsentrat	34,7	2500
Dedak halus	12	1630
Tepung ikan	61	3080

2.2 RTC DS1307 [5]

Real Time Clock (RTC) merupakan sebuah chip (IC) yang memiliki fungsi untuk penyimpanan waktu dan tanggal [6]. Penggunaan RTC DS1307 ini dapat dihubungkan dengan mikrokontroler sebagai pengendali utama dari semua proses. Mikrokontroler dengan segala kelebihanya dapat membaca input dan output sesuai dengan program yang diberikan[9].

2.3 Relay [6]

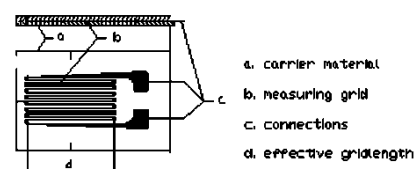
Relay adalah suatu rangkaian *switchmagnetic* yang bekerja bila mendapat

catu dan suatu rangkaian *trigger*. Relay memiliki tegangan dan arus nominal yang harus dipenuhi output rangkaian pendriver atau pengemudinya. Arus yang digunakan pada rangkaian adalah arus DC.

Konstruksi dalam suatu relay terdiri dari lilitan kawat (*coil*) yang dililitkan pada inti besi lunak. Jika lilitan kawat mendapatkan aliran arus, inti besi lunak kontak menghasilkan medan magnet dan menarik switch kontak. Switch kontak mengalami gaya listrik magnet sehingga berpidah posisi ke kutub lain atau terlepas dari kutub asalnya. Keadaan ini akan bertahan selama arus mengalir pada kumparan relay. Dan relay akan kembali keposisi semula yaitu *Normaly ON* atau *Normaly OFF*, bila tidak ada lagi arus yang mengalir padanya, posisi normal relay tergantung pada jenis relay yang digunakan [8].

2.4 Loadcell

Loadcell adalah sebuah transduser gaya yang bekerja berdasarkan prinsip deformasi sebuah material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja. untuk menentukan tegangan mekanis didasarkan pada hasil penemuan Robert Hooke, bahwa hubungan antara tegangan mekanis dan deformasi yang diakibatkan disebut regangan. Regangan ini terjadi pada lapisan kulit dari material sehingga memungkinkan untuk diukur menggunakan sensor regangan atau *strainage* [10].



Gambar 1. Strain gage satu sumbu [10]

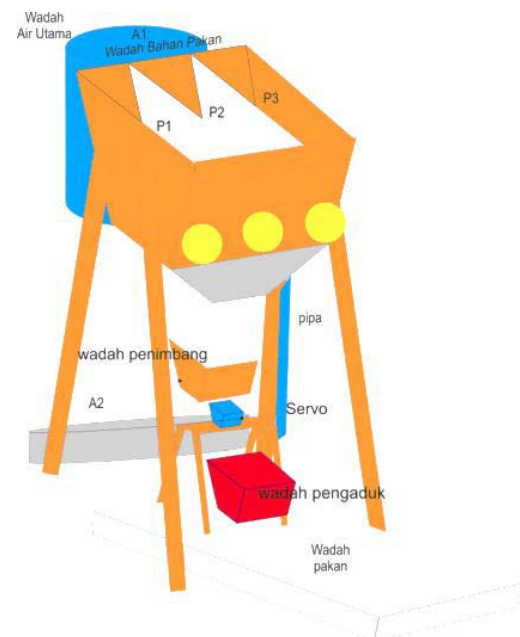
Gambar 1 menunjukkan sebuah gambar strain gage. *Strain gage* adalah transduser pasif yang mengubah suatu pergeseran mekanis menjadi perubahan tahanan. *Strain gage* logam dibuat dari kawat tahanan berdiameter kecil atau lembaran-lembaran kawat tipis yang di-etsa. Tahanan dari foil kawat atau logam ini berubah terhadap panjang jika bahan pada mana “gage” disatukan mengalami tarikan atau tekanan. Perubahan tahanan ini sebanding dengan regangan yang diberikan dan diukur dengan sebuah jembatan wheat-stone yang dipakai secara khusus. Sensitivitas sebuah strain gage dijelaskan dengan suatu karakteristik yang disebut gage factor, yang didefinisikan sebagai perubahan satuan tahanan dibagi perubahan satuan panjang[10]. Perubahan tahanan sebanding dengan regangan yang diberikan dan diukur dengan sebuah jembatan wheat stone yang pakai secara khusus.[7]

3. METODE PENELITIAN

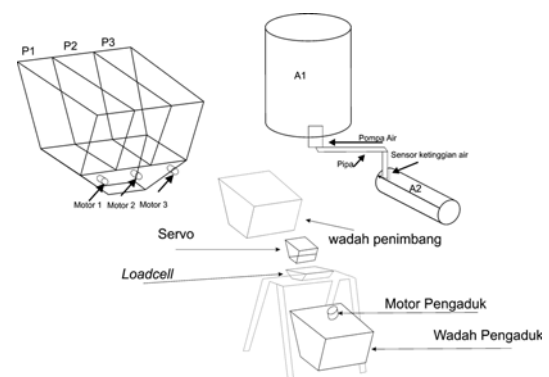
3.1 Perancangan Alat

Perancangan sistem pemberian pakan otomatis ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 yaitu wadah penyimpanan air dan pakan terbuat dari bahan plastik dan rangkanya terbuat dari bahan kayu yang kuat sehingga mampu untuk menahan beban dari air dan juga pakan ternak. Sedangkan untuk Gambar 2 merupakan blok penempatan sensor dan motor dari perancangan ini. P1 merupakan wadah penyimpanan bahan pakan jagung kemudian P2 merupakan wadah penyimpanan untuk bahan pakan dedak dan P3 merupakan wadah penyimpanan bahan pakan konsentrat. A1 merupakan wadah penyimpanan air

minum sedangkan A2 merupakan wadah tempat air minum yang disensor.



Gambar 2. Rancangan Desain Sistem Pemberian Pakan Otomatis



Gambar 3 Rancangan Peletakan Sensor dan Motor pada Sistem

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Rancangan Perangkat keras dalam penelitian ini secara umum terdiri dari beberapa bagian yaitu unit *powersupply*, mikrokontroler AVR ATmega8535, sensor, modul RTC DS107, *driverrelay*, motor dan *solenoidvalve*.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

Program pada sistem pemberian pakan ayam otomatis ini ditulis dengan bahasa *basic* dengan menggunakan *compiler* BASCOM AVR. Secara umum perancangan sistem pengontrolan dapat dijelaskan pada *flowchart* yang terlampir pada Lampiran 1. Pada *flowchart* tersebut dapat dijelaskan sistem pengontrolan pemberian pakan ternak secara otomatis dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Pertama dilakukan inisialisasi PORT I/O, LCD dan timer
2. Tahap kedua yaitu mengatur setpoint dari tiap jenis bahan yang dipakai sesuai dengan formula penyusunan ransum. Dalam sistem ini ada tiga buah jenis bahan pakan yang di letakkan dalam 3 wadah berbeda dan diberi label P1 untuk bahan jagung, P2 untuk bahan dedak dan P3 untuk bahan konsentrat. Pengaturan set point untuk ketiga jenis bahan dilakukan dengan mengatur atau memilih jenis umur ayam dan jumlah ayam yang akan diberikan pakan pada sistem. Pada tahap ini dilakukan agar sistem bekerja pada dengan memberikan pakan sesuai kebutuhan dan jumlah ayam.
3. Tahap ketiga yaitu mengidentifikasi isi wadah air minum, jika wadah air minum habis maka akan dilakukan pengisian sebelum lanjut ke proses selanjutnya.
4. Tahap keempat yaitu mengidentifikasi *timer* yang telah diset, yaitu sebagai jadwal pemberian pakan selama 2 kali sehari yaitu pada pukul 09.00 dan 17.00. Saat salah satu dari *timer* 1 atau 2 aktif

maka sistem akan bekerja, dan jika kedua timer belum aktif maka sistem akan menunggu sampai timer aktif dan belum akan berjalan dan dilakukan ke tahap selanjutnya.

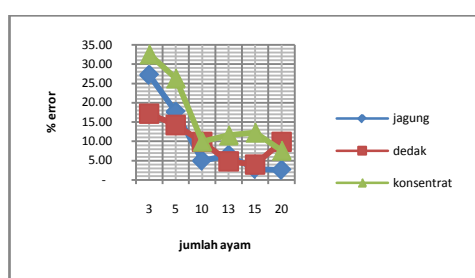
5. Tahap kelima jika timer belum aktif namun tombol start ditekan maka sistem akan mulai bekerja ketahap selanjutnya.
6. Tahap keenam yaitu membagi dan mengisi bahan pakan yang akan dicampur kedalam wadah pencampur. Dalam tahapan ini yang dilakukan adalah menimbang berat bahan pakan pada dari masing-masing jenis pakan P1, P2 dan P3 dengan *setpoint* yang telah diberikan. Pembagiannya dengan cara memutar motor pada setiap wadah dengan berputarnya motor maka bahan pakan akan mengalir menuju wadah pengukuran. Didalam wadah pengukuran, jumlah berat dari masing-masing jenis pakan akan ditimbang berdasarkan *setpoint* yang telah diberikan secara bergantian yaitu dimulai dari jenis pakan P1 kemudian jenis pakan P2 dan terakhir jenis pakan P3 dialirkan ke wadah pencampur.
7. Tahap ketujuh yaitu mencampur pakan. Dalam tahapan ini setelah ketiga bahan P1, P2 dan P3 masuk kedalam wadah pencampur, maka sistem akan mengaktifkan motor selama beberapa waktu sehingga ketiga bahan pakan tersebut tercampur.
8. Tahap terakhir yaitu setelah bahan pakan tercampur kemudian motor akan aktif dan pintu pada wadah pencampur terbuka untuk mengalirkan dan mengeluarkan bahan pakan yang telah tercampur ke wadah pakan. Kemudian tahapan ini

berlaku untuk siklus pemberian pakan selanjutnya.

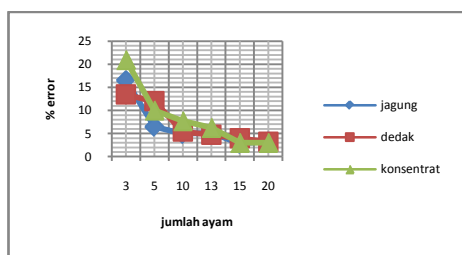
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian berat bahan pakan

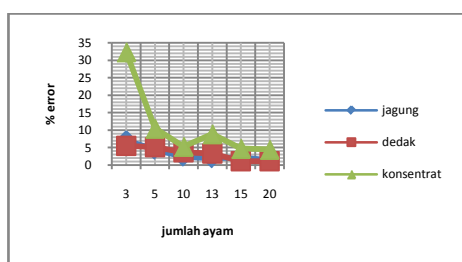
Untuk hasil perhitungan pengujian data selanjutnya dilakukan sebanyak 5 kali perulangan dan dengan menggunakan persamaan yang sama sehingga didapat hasil untuk pengujian berat untuk tiap bahan serta rata-rata % error.



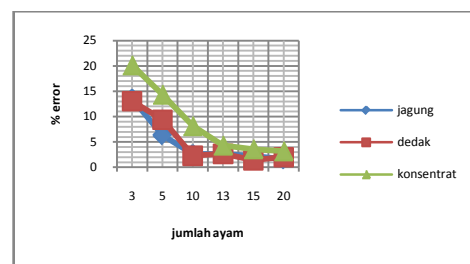
Gambar 4. Grafik hubungan jumlah ayam umur 0-1 minggu terhadap persentase error pemberian bahan pakan



Gambar 5. Grafik hubungan jumlah ayam umur 1-8 minggu terhadap persentase error pemberian bahan pakan



Gambar 6. Grafik hubungan jumlah ayam umur 8-20 minggu terhadap persentase error pemberian bahan pakan



Gambar 7. Grafik hubungan jumlah ayam umur 20 minggu terhadap persentase error pemberian bahan pakan

Dari hasil percobaan pengukuran bahan terhadap *setpoint* yang telah dilakukan, secara keseluruhan sistem bekerja dengan cukup baik namun terkadang sering terjadinya penggumpalan atau bahan tidak keluar dari wadah penyimpanan dan juga bahan tidak tertuang habis dari tempat penimbangan sehingga mengakibatkan tidak maksimalnya dalam pencampuran dan penimbangan dan ini perlu kajian yang lebih dalam lagi untuk perbaikan kedepannya. Kemudian

4.2 Pengujian pewaktuan pada sistem

Pada pengujian ini untuk memastikan bahwa sistem pemberian pakan akan bekerja saat waktu yang ditentukan telah masuk adapun untuk mengujian pewaktuan ini dilakukan selama dua kali sehari yaitu pagi hari pukul 09.00 WIB dan sore hari pukul 17.00 WIB. Adapun hasil pengujian ini didapat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3: Pengujian waktu pemberian pakan

Jumlah ayam	Umur ayam	Pukul	Kondisi
-------------	-----------	-------	---------

	(minggu)		
10	0 - 1	09.00	Aktif
		16.00	Aktif
10	1 - 8	09.00	Aktif
		16.00	Aktif
10	8 - 20	09.00	Aktif
		16.00	Aktif
10	> 20	09.00	Aktif
		16.00	Aktif

Dari hasil pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa sistem ini dapat bekerja dengan baik saat mengeksekusi perintah diwaktu yang telah ditentukan selama sistem dalam keadaan teraliri listrik.

4.3 Pengujian Kebutuhan Daya

Berdasarkan pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa arus maksimum diperoleh karena pada saat itu motor sedang bekerja.

Untuk hasil perhitungan pengujian data selanjutnya dilakukan dengan variasi umur ayam dan jumlah ayam dan dengan menggunakan persamaan yang sama sehingga didapat hasil untuk pengujian daya terpakai selengkapnya pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 : Hasil pengujian daya sistem

Jumlah ayam	Umur ayam (minggu)	V in (volt)	I max (mA)	P max (watt)
3	0 - 1	248	172,4	42,76
5	0 - 1	248	172,7	42,83
10	0 - 1	249	172,4	42,93
13	0 - 1	247	172,4	42,58
15	0 - 1	248	172,7	42,83
20	0 - 1	249	172,4	42,93

Dari hasil perhitungan daya diatas dapat dilihat bahwa alat ini bekerja dengan penggunaan daya rata-rata sekitar 14,13 watt sampai dengan 42,72 watt. Berdasarkan hasil tersebut juga dapat dianalisa bahwa sistem ini kedepannya dapat dikembangkan dengan menggunakan solar cell guna mengkondisikan agar pada saat terjadi kemungkinan yang tidak diinginkan yaitu pemadaman listrik yang membuat sistem tidak dapat berjalan sehingga diharapkan dengan penggunaan *solar cell* dengan kapasitas diatas minimal 43 Watt mampu untuk menyuplai daya ke sistem ini secara *real time* tanpa ada gangguan saat terjadinya pemadaman listrik.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Secara keseluruhan sistem pemberian pakan ayam kampung otomatis ini telah bekerja dan berfungsi dengan baik sesuai waktu pemberian pakan yang diinginkan yaitu aktif pukul 09.00 dan 16.00 WIB.
2. Secara keseluruhan besarnya persentase kesalahan dalam pengujian penimbangan berat bahan yaitu antara 1,37% - 27,18% untuk bahan jagung, 1,12%-17,14% untuk bahan dedak dan 3,00%-32,58% untuk bahan konsentrat .
3. Performa alat terbaik yaitu pada kondisi dengan jumlah pemberian pakan ayam rata-rata untuk 20 ekor yaitu 1,12% dan performa alat terburuk yaitu pada kondisi dengan jumlah pemberian pakan 3 ekor yaitu 32.58%.
4. Penggunaan daya pada alat pemberian pakan ayam ini rata-rata 14,13 watt sampai dengan 42,72 watt.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan kajian lebih dalam mengenai nutrisi untuk jenis ayam kampung dengan jenis bahan lain yang tersedia.
2. Sebaiknya menggunakan Op-Amp dengan akurasi yang lebih baik dan penggunaan komponen-komponen pendukung yang baik supaya pengukuran lebih akurat.
3. Sistem mekanik yang masih sangat sederhana, diharapkan kedepannya mekanisme alat lebih baik dengan menggunakan bahan yang baik yang terbuat dari *stainlesssteel* supaya lebih kuat dan tahan lama.
4. Dapat dikembangkan dengan menggunakan solar cell untuk menghemat penggunaan daya listrik PLN dan juga mengatasi agar sistem tetap terjaga walaupun sedang terjadi pemadaman listrik oleh PLN.

- [6] Nugroho, Rizky Wahyu, Ardik Wijayanto dan Eru Puspita. 2011. *Sistem Kontrol Akuarium Otomatis*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- [7] Putra, Agfianto Eko. 2010. *Tip dan Trik Mikrokontroler AT89 dan AVR Tingkat Pemula hingga Lanjut*. Yogyakarta: Penerbit Gava Media.
- [8] Febriyanto, Sonny. 2011. *Perancangan Sistem Peminjaman Buku pada Perpustakaan Modern menggunakan Sensor RFID*. Bengkulu: Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bengkulu.
- [9] Winarto, Ardi, 2008. Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR. Bandung: Informatika Bandung.
- [10] Purwanto, dwi. *Rancang bangun load cell sebagai sensor gaya pada sistem uji*. Peneliti Balai Besar Teknologi kekuatan Struktur. BPPT.
- [11] Wahyu, yuyu. 2004. *Ilmu Nutrisi Unggas*. Yogyakarta: Gadjah mada University Press.
- [12] Clayton, George, Steve Winder. 2004. *Operational Amplifier Edisi kelima*. Jakarta: Erlangga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jagan, NC. 2008. *Control System Second Editions*. BS Publications: Hyderabad.
- [2] Masruhah, Luluk. 2008. *Pengaruh Penggunaan Limbah Padat Tahu dalm Ransum Terhadap Konsumsi Pakan, Pertambahan Bobot Badan dan Konversi pakan pada Ayam Kampung (Gallus domesticus) Periode Grower*. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN): Malang.
- [3] Atmojo, Bayu Tri. 2011. *Otomatisasi Pemberi Pakan Ayam Pada Peayaman Via Handphone Berbasis Mikrokontroler AT89S52*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [4] Kadaffi, Muhamar. 2011. *Sistem Otomatisasi Pemberian Pakan Burung Puyuh dan Sistem Peletakan Telur Puyuh*. Teknik Elektro: Universitas Mercu Buana Jakarta.
- [5] Setyadjit, kukuh, Totok Mujiono dan Mauridhi Heri P. 2007. *Otomatisasi Pemberian Pakan Ayam Petelor Berbasis Fuzzy Logic*. Jurusan Teknik Elektro. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

FORMAT PENULISAN MAKALAH JURNAL TEKNOSIA
[Times New Roman, font 12 / huruf besar seluruhnya /Bold/Italic/Center]

Penulis[1], Penulis[2]
[Times New Roman, font 10/Bold/Center]

[1] Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
[2] Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu

[Times New Roman, font 10/ Center]

Jl. Raya Kandang Limun, Bengkulu. Telp. (0736) 21170 [Times New Roman, font 10/Center]

Email : teknosia@yahoo.com [Times New Roman, font 9/Center]

ABSTRACT

[Times New Roman, font 11/Center/Italic/bold]

Abstrak ditulis dalam bahasa Inggris, abstrak harus dapat mencerminkan secara singkat tujuan utama penelitian, hasil dan kesimpulan penelitian. Panjang dari abstrak tidak lebih dari 200 kata dengan jenis huruf Times New Roman, font 10 serta jarak 1 spasi.

Key words: ditulis dengan huruf TimesNew Roman, font 10/ Italic

1. PENDAHULUAN [Times New Roman, font 11/Bold]

Makalah dapat ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.

Urutan Penulisan berturut-turut :

Pendahuluan, Teori, metodologi, pembahasan, penutup, dan daftar pustaka.

Makalah ditulis dengan menggunakan Ms Word, maksimum terdiri dari 10 Halaman dengan ukuran kertas A4 (210 x 297 mm) dan jarak spasi 1,5 spasi. Jarak Spasi antara Judul dengan Nama penulis 1 spasi, jarak nama penulis dengan abstrak 2 spasi, jarak antara judul abstract dengan isi abstrak 1 spasi, jarak antara isi abstrak dengan key word 1,5 spasi.

Makalah harap dicetak dengan kualitas hasil cetakan yang jelas, dengan margin : Top 25 mm, bottom 25 mm, left 40 mm dan right 30

mm, tab 2,7 mm. Isi makalah yang ditulis dengan menggunakan jenis huruf Times New Roman, font 11, dan menggunakan 2 kolom.

2. Persamaan Matematika

Persamaan diketik dengan jelas dan diberi nomor serta menggunakan tanda kurung yang diletakkan pada sisi bagian kanan setiap persamaan matematika tersebut, Contoh:

$$\varepsilon = \frac{N \xi B A \omega}{\pi} \quad (6)$$

dimana :

ξ = Jumlah kutub

ω = kecepatan putaran mesin (rad/s)

3. Tabel dan Gambar

Setiap Tabel, termasuk dalam isi makalah, harap diberi nomor yang diketikkan pada bagian atas dari masing-masing tabel (tidak dalam lembar tersendiri), seperti : Tabel 1, Tabel 2 dan seterusnya.

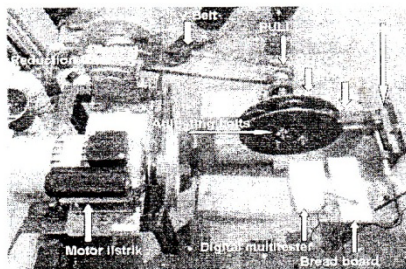
Contoh:

Table 0 : Chemical Composition of Red Sand
[14]
(ditulis dengan times new roman 10 pt bold)

Chemical Compound	Percentage (%)
<i>Silica amorphous</i>	<i>19-44</i>
<i>Ferric oxide</i>	<i>11-45</i>
<i>Aluminium oxide</i>	<i>11-26</i>
<i>Calcium oxide</i>	<i>2-8</i>
<i>Sodium monoxide</i>	<i>1-6</i>
<i>Titanium dioxide</i>	<i>1-5</i>

Gambar juga diletakkan pada bagian isi makalah, dengan menggunakan penomoran seperti : Gambar 1, Gambar 2(a) dan seterusnya serta diletakkan pada bagian bawah dari setiap gambar. Gambar harap dicetak dengan kualitas cetak yang jelas dengan berwarna atau hitam putih

Contoh:



Gambar 1. Alat uji lengkap
[Times New Roman, font 10/ bold/ center]

4. Daftar Pustaka

Daftar Pustaka dibuat dengan standar

Contoh:

- [1]. Burhoe, Winslow, 1997, **Loudspeaker Handbook and Lexicon**, <http://www.directacoustics.com/lexicon.pdf>
- [2]. Chalmers B.J., E. Spooner, 1999, **An Axial-flux Permanent Magnet Generator for A Gearless Wind Energy System**, Transaction on Energy Conversion, IEEE, Vol 14, No.2, June 1999, p.251
- [3]. Dubois, Maxime R, 2000, **Review of conversion in Wind Turbines**, Report EPP00 R.03, TU Delft, Nederland
- [4]. Dunnet, S. Khenas dan H.Piggot, 2001, **Small Wind System for Battery Charging**, <http://homepages.enterprise.net/hugh0pi/ggoti/>
- [5]. Giancoli, Douglas C, 1991, **Physics Principle with Applications**, 3rd-ed, Prentice Hall, London

5. Pengiriman Makalah

Makalah dapat diserahkan ke sekretariat redaksi berupa 1 (satu) Softcopy dengan menggunakan CD/disket dan 1 (satu) Hardcopy hasil cetakan yang jelas. **Makalah untuk terbitan Periode Maret paling lambat diterima 1 Februari , untuk terbitan September paling lambat diterima 1 Agustus.** Makalah dapat diantar langsung atau dikirimkan ke alamat :

Sekretariat Redaksi :

Fakultas Teknik – Universitas
Bengkulu, Jalan Raya Kandang
Limun Bengkulu 38123 Telp. :
(0736) 21170 Fax. : (0736) 22105 E-
mail: teknosia@yahoo.com

